

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Návrh přípravku pro demontáž brzdových pístků

Jig Design for Brake Pistons Disassembly

Student:

Bc. Václav Šrom

Vedoucí diplomové práce:

prof. Dr. Ing. Ivan Mrkvica

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Václav Šrom**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Specializace: 20 Strojírenská technologie  
Téma: **Návrh přípravku pro demontáž brzdových pístků**  
**Jig Design for Brake Pistons Disassembly**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Technologický postup výroby brzdových pístků.
2. Konstrukční návrh přípravku k demontáži brzdových pístků.
3. Technické výpočty.
4. Zpracování výkresové dokumentace navržené varianty.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení navržené varianty.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] MRKVICA, M. *Přípravky a obrábecí nástroje II. díl Přípravky*. 3. vydání, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2015, 184 s. ISBN 978-80-248-3776-5.
- [2] CHVÁLA, B., VOTAVA, L. *Přípravky*. Praha: SNTL Praha, 1988, 214 s.
- [3] ŘASA, J. Upínací technika pro průmysl 4.0. *MM Průmyslové spektrum*, 6/2016, s. 56-57. ISSN 1212-2572.
- [4] KADERKA, J. Moderní metody upínání. *MM Průmyslové spektrum*, 9/2015, s. 98. ISSN 1212-2572.
- [5] SEMERARO, G., GÖTZ, T. Mit Vorprägen im Vorteil. *Werkstatt und Betrieb*, 4/2015, s. 68-70. ISBN 0043-2792.

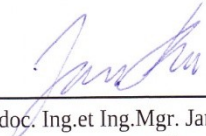
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr. Ing. Ivan Mrkvica**


Konzultant diplomové práce: Ing. Viktor Uhlář, Ph.D.

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017

  
doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 15. května 2017

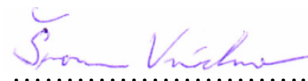
.....

Podpis studenta

## Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB - TUO“) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB - TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15. května 2017



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Václav Šrom

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Domoradovice 81,

Hradec nad Moravicí, 747 41

### Poděkování

Tímto bych rád poděkoval především svému vedoucímu prof. Dr. Ing. Ivanu Mrkvicovi za připomínky a cenné rady při zpracování diplomové práce. Dále chci poděkovat konzultantovi Ing. Viktoru Uhlářovi, Ph.D. za poskytnutí potřebných informací pro bezproblémové vypracování práce a věnování svého volného času. Poděkování patří také rodině za podporu po celou dobu mého působení na vysoké škole.

**ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

ŠROM, V. *Návrh přípravku pro demontáž brzdových pístků: Diplomová práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2017, 51 s. Vedoucí práce: Mrkvica, I.

Diplomová práce je zaměřená na návrh přípravku sloužícího k demontáži brzdových pístků. Práce je rozdělená na část teoretickou a na část konstrukční. Teoretická část je zaměřena na brzdový mechanismus. Podrobně rozebírám oblast technologického postupu výroby brzdových pístků. Konstrukční část se pak zabývá samotným návrhem přípravku, který spočívá v popisu jednotlivých dílů celé soustavy, spojené s vysvětlením jejich funkce. Do této části jsou zařazeny výpočtové vztahy potřebné k sestavení přípravku. V závěru uvádím technicko-ekonomické zhodnocení s náklady na výrobu.

**ANOTATION OF MASTER THESIS**

ŠROM, V. *Jig Design for Brake Pistons Disassembly: Master Thesis*. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2017, 51 p. Thesis head: Mrkvica, I.

This presented thesis deals with the jig design for brake pistons disassembly. The work consists of two parts: theoretical and construction. Theoretical part is focused on brake mechanism. The area of the technological process of production brake pistons is described more precisely. The construction part deals with actual jig design, which describes of the parts the whole system and connected with an explanation of their function. In this part are included of calculating relations needed to build jig. Finally, I presented technical and economic evaluation of the production budget.

## Obsah

Obsah .....	7
Seznam užitých symbolů a zkratek .....	9
Úvod.....	10
1 Brzdový mechanismus .....	11
1.1. Brzdy - typy .....	12
1.1.1. Pneumatické brzdy .....	12
1.1.2. Bubnové brzdy .....	13
2 Kotoučové brzdy .....	14
2.1. Brzdový kotouč.....	14
2.2. Třmen.....	14
2.3. Brzdové desky .....	15
2.4. Brzdové pístky .....	17
3 Výroba brzdových pístků .....	19
3.1. Objemové tváření za studena – zpětné protlačování .....	19
3.2. Postup výroby .....	19
3.2.1. Objem pístku .....	20
3.2.2. Rozměry polotovaru .....	21
3.2.3. Pěchování .....	22
3.2.4. Zpětné protlačování .....	24
3.2.5. Soustružení .....	25
3.2.6. Úprava ploch a kontrola .....	27
4 Zařízení k demontáži pístků .....	28
4.1. Základová deska .....	30
4.2. Upevňovací trn .....	32
4.3. Tyč s vedením.....	34
4.4. Tyč k uchycení rukojeti .....	35
4.5. Vytahovací element .....	36
4.6. Ovládací rukojeť .....	37

4.7. Zajišťovací čep .....	38
4.8. Rozvod stlačeného vzduchu .....	40
5 Technicko-ekonomické zhodnocení .....	42
5.1 Technické zhodnocení .....	42
5.2 Ekonomické zhodnocení přípravku .....	42
Závěr .....	47
Seznam použité literatury .....	48
Seznam příloh .....	51



## Seznam užitých symbolů a zkratek

Zkratka	Slovní význam
141	Obloukové svařování netavící se elektrodou v inertním plynu (TIG)
Cu	měď
Fe	železo
$F_{pu}$	síla vyvíjená obsluhou na daný nástroj (N)
Rm	mez pevnosti v tahu [MPa]
Rp	mez kluzu [MPa]
$S_b$	tloušťka stěny trnu [mm]
a	rozteč čepu, otvoru [mm]
$a_p$	hloubka odebírané třísky [mm]
f	posuv [mm.ot <sup>-1</sup> ]
$k_s$	střední přirozený přetvárný odpor materiálu [MPa]
n	otáčky stroje [min <sup>-1</sup> ]
$p_{DOV}$	dovolený tlak materiálu [MPa]
$S_b$	tloušťka stěny trnu [mm]
$v_c$	řezná rychlost [m.min <sup>-1</sup> ]
$\varepsilon$	poměrná deformace [%]
$\mu$	součinitel smykového tření [-]
$\sigma_{DOV}$	dovolené napětí v ohybu [MPa]
$\tau_{DOV}$	dovolené napětí ve smyku [MPa]
$\varphi$	logaritmická deformace [-]

## Úvod

Diplomová práce ve své první části uvádí popis samotného brzdového mechanismu, který je využíván k uvedení dopravního prostředku do klidové polohy. Je zde proveden rozbor nejpoužívanějších typů brzd, ať už u osobních nebo nákladních automobilů. Na prvním místě je zmíněn pneumatický typ brzd, u kterého je zapotřebí k vyvození tlaku kompresoru. Tento typ je využíván u vozidel s vyšší pohotovostní hmotností. Následuje nejstarší typ brzd, a to bubnová brzda s výskytem u zadních náprav převážně osobních automobilů. Větší pozornost je orientována na kotoučové brzdy, které se skládají z několika komponentů. Z tohoto důvodu jsou obsaženy v samostatné kapitole, kde se s jednotlivými částmi obeznámíme více. A taktéž disponují brzdovými pístky, pro jejich demontáž je navrhován přípravek.

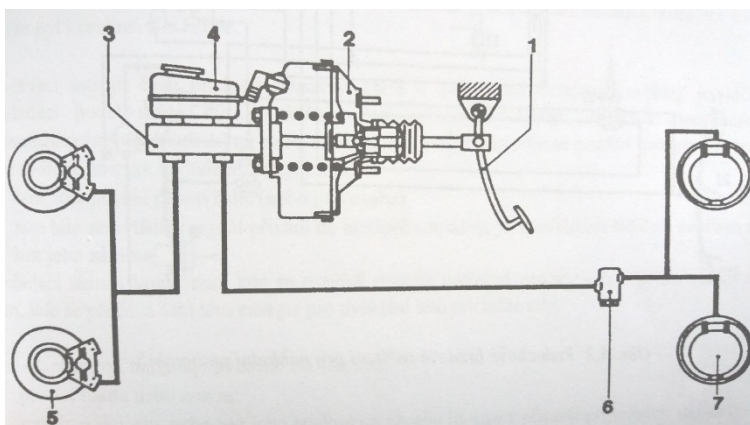
U brzdových pístků se pozastavíme i ve třetí kapitole. Zde je popsán technologický postup výroby těchto komponentů metodou zpětného protlačování. V kapitole jsou uvedeny technické výpočty potřebné k tvářecí operaci a následnému dokončení obráběním.

Druhá část této práce se zabývá samotným návrhem demontážního přípravku pro výše uvedené komponenty. Uveden je dosavadní způsob demontáže s možnými riziky, které se mohou vyskytnout. Navrhovaný přípravek je podrobně popsán společně s rozbořem na jednotlivé části a jejich popis. Sepsán je také postup práce s přípravkem. V závěrečné části diplomové práce se uvádí technicko-ekonomické zhodnocení navrženého demontážního přípravku.

## 1 Brzdový mechanismus

Sestava komponent, jako je brzdový mechanismus, bývá více známá pod obecně hovorovým označením a to brzdy. Brzdy již mají za sebou určitou historii, po kterou dochází ke stálému vývoji, inovacím a doplňování o elektrické systémy. Lze říci, že slouží k změně energie, a to mechanické energie pohybujícího se tělesa na energii tepelnou. Vzniklá tepelná energie působí negativně na celou brzdovou soustavu, dochází k výraznému opotřebení. Proto se stále vyvíjí lepší způsob chlazení.

Druhou a hlavní funkcí brzd je zpomalení pohybu dopravního prostředku nebo úplné uvedení do klidového stavu – zastavení. S tím také souvisí zajištění dopravního prostředku proti pohybu. Zmíněných funkcí se dosahuje působením tlaku, vyvolaného ovládacím prvkem společně s násobičem tlaku (posilovač) a kapalinou, na třecí elementy a rotující části [1],[2].



Obr. 1.1 Brzdový systém osobního automobilu[2].

(1 – brzdový pedál, 2 – posilovač, 3 – hlavní brzdový válec, 4 – nádobka na kapalinu, 5 – brzdový kotouč, 6 – regulátor brzdné síly, 7 – brzdový buben)

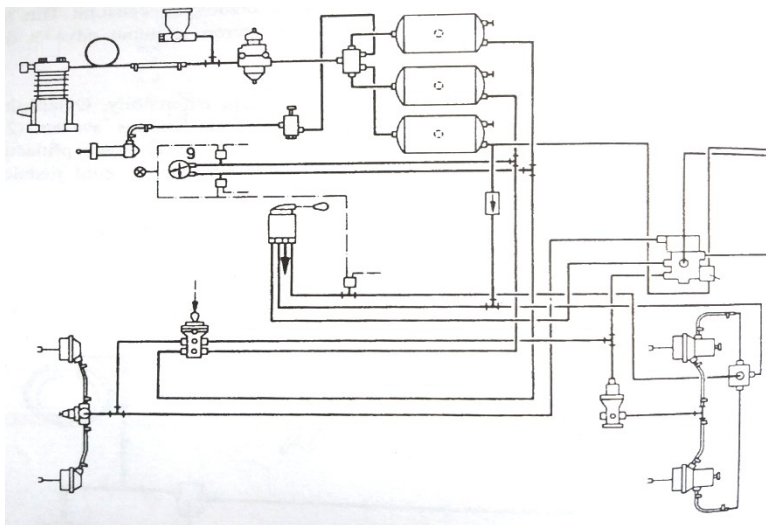
Brzdový systém, znázorněn na obr. 1.1, je obsažen v širokém spektru dopravních prostředků pohybujících se po železnici, pozemní komunikaci nebo ve vzduchu. Abychom se přiblížili k tématu diplomové práce, musíme se zaměřit na pozemní dopravu a s ní spojené prostředky, tedy automobily. Automobily disponují různými typy brzd, kterými se podrobněji zabývají nadcházející kapitoly.

## 1.1.Brzdy - typy

Brzdy automobilu se rozdělují na dvě skupiny. První je zaměřená na autobusy, nákladní automobily a jejich přípojná vozidla, tedy návěsy. U této kategorie je zapotřebí vyššího tlaku k zastavení vozidla, než je tlak vyvozený ovládacím prvkem. Z důvodu vyšší hmotnosti bývá tato skupina prostředku vybavena vzduchovými brzdami [2].

### 1.1.1. Pneumatické brzdy

Vzduchový brzdový mechanismus je vybaven kompresorem, který v celé soustavě zvedne tlak na potřebnou hodnotu. Vzduch se po dobu provozu uchovává v tlakových nádobách upevněných k rámu přípojného vozidla a nákladního automobilu. Rozvod je za použití brzdových hadic rozveden k brzdovým válcům. Pro přenos média na návěs je užito spojovacích hadic, k tomu určeným [2]. Uspořádání vzduchových brzd je vyobrazeno na obr. 1.2.



Obr. 1.2 Vzduchové zařízení nákladního automobilu[2].

Druhá skupina brzd obstarává automobily do hmotnosti 3500 kg, do které se řadí osobní automobily. Zde se využívá kapalinový mechanismus. U tohoto typu zařízení máme rozdělení na brzdy bubnové a kotoučové. Nejdříve si přiblížíme brzdy bubnové, objevující se u automobilu od 20. stol.

### 1.1.2. Bubnové brzdy

Základem je pevný brzdový štít, upevněn k náboji, na kterém se nacházejí brzdové čelisti. Čelisti obsahují třecí plochu, uchycenou za použití nýtování nebo nyní více využívaného lepení. Dále se zde vyskytují součásti sloužící pro rozevření a opětovné stažení čelisti, a to soustava pružin a samostav. Aby docházelo k rozevření a následnému vyvození brzdícího účinku, je na brzdovém štítu upevněn brzdový váleček (obr. 1.3), nazývaný „prasátko“. Do něhož proudí brzdová kapalina a vytlačuje tělíška k čelistem. Veškeré části systému jsou ukryty pod brzdovým bubnem, vyrobeným z temperované a šedé litiny, ocelolitiny popřípadě ze slitin lehkých kovů. Ten za společného působení třecích ploch čelistí vyvolá brzdný účinek[3].



Obr. 1.3 Brzdový váleček a buben ze Škody Fabia 1.4MPI.

V minulých letech se bubnové brzdy využívaly na obou nápravách osobních automobilu, příkladem může být Škoda 1000MB. Postupně se od této koncepce ustupovalo a v dnešní době jsou jen u zadní nápravy. Bubnová brzda slouží také jako brzda parkovací. Čelisti jsou k bubnu přitlačovány lanovodem od páky ruční brzdy. Svou polohu si zajišťují samostavem umístěným v rozpěrném zařízení [3].

Změnou koncepce se u předních náprav automobilu vyskytují brzdy kotoučové. Vzhledem k tomu, že tento typ brzdového mechanismu obsahuje součásti (jako třmen a pístky pro jejichž demontáž je navrhován přípravek), které jsou podkladem k diplomové práci, věnuji této soustavě samostatnou kapitolu.

## 2 Kotoučové brzdy

Tento typ brzdového mechanismu se vyskytuje, jak bylo popsáno výše, u předních náprav osobních automobilu. Postupem času se začínají objevovat také u náprav zadních. Důvodem pro rozšíření jsou vlastnosti. Kotoučové brzdy vynikají svým brzdovým účinkem, jelikož při brzdění se vzniklé teplo předává do okolní atmosféry. Jako další vlastnost můžeme zmínit minimální změnu třecího součinitele během soustavného brzdění [3].

### 2.1. Brzdový kotouč

Kotoučová brzda se skládá z několika součástí. Při pohledu na automobil a jeho přední kolo, vidíme za diskem brzdový kotouč společně s třmenem. Kotouč je upevněn na náboji, který je součástí podvozku. Tvarem se přibližuje talíři. Pro výrobu je využíváno ocelolitiny s legujícími prvky, popřípadě temperované litiny [3]. Avšak u závodních speciálů bývá materiál odlišný, nejvíce se vyskytuje kompozitní materiál. Kotouče z kompozitu vynikají svou hmotností. Oproti ocelovým několikanásobně nižší. Odolávají i vysokým teplotám pohybujícím se v rozsahu 1100 – 2000°C [1].



*Obr. 2.1 Plný a chlazený brzdový kotouč.*

K zlepšení účinku tohoto typu brzd byly vyvinuty chlazené kotouče, obr. 2.1. Po obvodu tělesa kotouče se nacházejí otvory a kanálky prostupující až ke středu. U některých jsou i kanálky sekundární procházející přes brzdovou plochu [1].

### 2.2. Třmen

Třmeny používané u zmiňovaného mechanismu jsou plovoucí nebo pevné. Plovoucí třmeny (obr. 2.2) nazývané Girling vynikají rozměrově. Protože jejich konstrukční řešení povoluje užití jednoho nebo dvou pístků na vnitřní straně. Uchycení třmenu je za pomoci

šroubů, držáku a vodících čepů. Vznik brzdového účinku je vyvozen kapalinou působící na dno pístku, následně tlačícího na brzdové destičky, s tímto pohybem se současně pohybuje třmen [2].



*Obr. 2.2 Plovoucí brzdový třmen.*

Dalším zmíněným je třmen pevný. Ten je upevněn taktéž za pomoci šroubů, ale již přímo k těhlici vozidla. Tělo se skládá ze dvou částí k sobě spojených několika, převážně imbusovými šrouby. Vrchní a spodní část (víko a přírubová část), má v sobě umístěny otvory sloužící pro následné zakomponování pístků [3]. Počet pístků se u těchto třmenů pohybuje mezi 2 až 6, tedy budeme-li mít čtyř-pístkový třmen, pak budou dva pístky v každé části. Aby bylo zaručeno stejnoměrné vytlačování všech pístků, jsou víko a přírubová část vzájemně propojeny brzdovou trubicí.

Popsané brzdové třmeny obsahují, v místě určeném k osazení pístku, obvodovou drážku určenou pro těsnicí kroužek. Těsnění zabraňuje úniku brzdové kapaliny a vniknutí nečistot. Přední část třmene je vybavená otvorem sloužícím ke kontrole brzdového obložení, po demontáži disku s pneumatikou, lze vidět na obrázku výše[3].

### **2.3. Brzdové desky**

Brzdové desky svým třením vzniklým mezi kotoučem, uvedou vozidlo do klidu. Třecí materiál, sloužící k vyvození účinku, je vyráběn z mnoha materiálů o různém chemickém složení. První destičky se vyráběly z azbestu, který vynikal v absorbování tepla a menším opotřebením. Od tohoto materiálu se muselo upustit ze zdravotních důvodů. Protože během brzdění se uvolňovaly karcinogeny způsobující rakovinu. Na trh se dostaly organické brzdové destičky. Jsou vyráběny ze směsi vláken, pryže, uhlíkatých sloučenin, skla, popřípadě

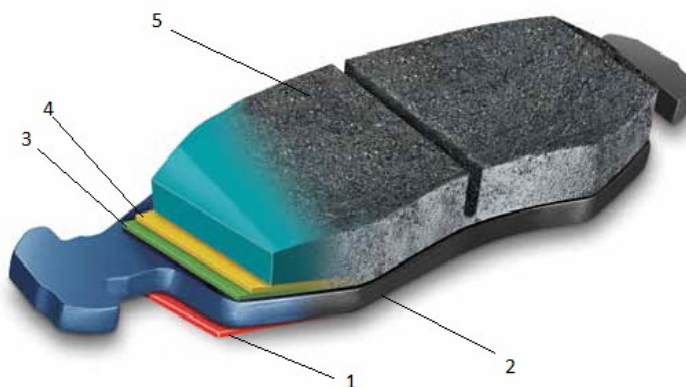


skleněného vlákna, Kevlaru atd. Pojivem pro vznik celistvého tvaru je pryskyřice. Mezi výhody spadá produkce menšího množství prachu, hlučnost a finanční náklady. Nevýhoda se objevuje v teplotním rozsahu použitelnosti [4].

Proto se jako další třecí materiál používá keramika. Materiál v sobě obsahuje jemné vlákna z mědi, pro zvýšení tepelné vodivosti. Destičky jsou velice tiché, avšak negativem se stává nákladnost na výrobu. Od čeho se odvíjí konečná částka, která je nejvyšší v porovnání s ostatními typy brzdových destiček. Výskyt keramických destiček je převážně u závodních automobilů, kde vyniknou jejich vlastnosti [4].

K běžnému užití je vyráběn třetí druh třecího materiálu, a to kovové brzdové destičky. Vyskytuje se také označení semi-metallic. Třecí materiál obsahuje 30 až 70% kovu, do kterých spadá Cu, Fe a také kompozitní materiály. K celistvosti dochází přidáním grafitového maziva. Výhodou kovových brzdových materiálů se projevuje brzdým výkonem ve větším rozsahu teplot a provozních podmínek. Oproti keramickým a organickým destičkám se projevují svou vyšší hlučností a produkcí prachu během brzdění [4].

Všechny výše zmíněné brzdové destičky mají přesně předepsanou skladbu jednotlivých vrstev materiálů. Složení jednotlivých vrstev je vyobrazeno na obr. 2.3. Základem je tvarovaná kovová deska s práškovým povlakem, zabráňující koroznímu působení. Ze spodní strany se nachází několikamilimetrová tlumicí podložka (Shim) pohlcující vibrace a snižující hladinu hluku. Na vrchní straně kovové desky je přilnavá vrstva, lepidlo, na niž se upevní další mezivrstva nebo podkladová vrstva obsahující pryskyřici. Na tento podklad se montuje třecí materiál. Uprostřed je utvořená drážka zabráňující prasknutí během působení tlaku. Boční strany mívají zkosení redukující hluk [5].



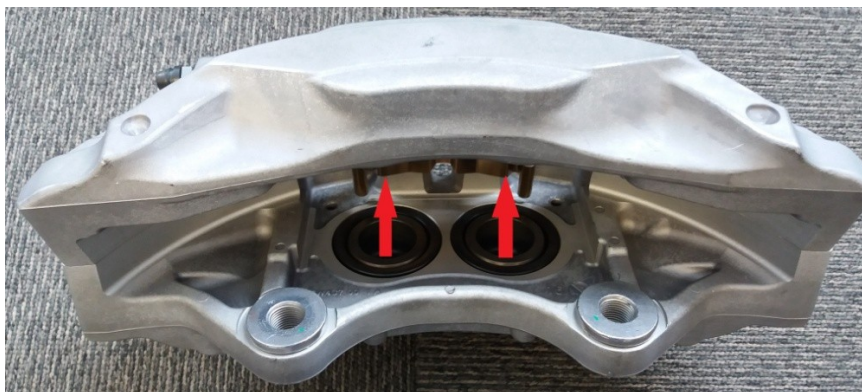
Obr. 2.3 Skladba brzdové destičky[5].

(1 – shim, 2 – kovová deska, 3 – adhezni vrstva, 4 – mezivrstva, 5 – třecí materiál)



## 2.4. Brzdové pístky

Jedná se o válcová tělesa, z jedné strany dutá, která se nachází v brzdovém třmenu. Pístky se v třmenu pohybují působením kapaliny na jejich dno. Během pohybu se horní část pístků opírá a zároveň tlačí na tlumicí podložku brzdových destiček, ty se následně přitlačí ke kotouči a uvedou vozidlo do klidu [6]. Umístění pístku ve třmenu a znázornění pohybu, který vykonávají je pro představu uvedeno obrázkem 2.4.



*Obr. 2.4 Uložení pístků ve třmenu*

Brzdové pístky mají vnitřní část dutou, jelikož vzduch obsažen pod destičkou a v dutině působí jako izolátor. Tím dochází k snížení aktuální teploty vyvinuté během brzdění, která dosahuje vyšších hodnot teploty než samotná teplota varu kapaliny[7]. Brzdové kapaliny používané v automobilovém průmyslu mají různé označení, které udává zmíněnou hodnotu teploty varu[8]. Pro názornost uvádím jednotlivé kapaliny v přehledné tabulce (Tab.1).

Při bližším prozkoumání tvaru a vnějšího povrchu pístku (viz obr. 2.5), zjistíme, že ve vzdálenosti přibližně dvou milimetrů od čelní plochy pístku se nachází drážka. Umístění má svůj význam. Při usazení pístku do brzdového třmenu tato část vystupuje. Do drážky se během montáže nasadí pryžová manžeta, současně se uchytí i za osazení na třmenu. Účelem je zabránění vniknutí nečistot a úniku kapaliny [9].



Obr. 2.5 Opotřeбенý brzdový pístek Škoda Felicia.

Pístky jsou vyráběny z několika materiálů. Všechny však musí odolávat koroznímu napadení, odolné působení účinkům kapaliny a silné kvůli tlaku na ně působícího[7].

Základním materiálem je ocel. Využití je u osobních automobilů, tak i u nákladních automobilů. Mezi výhody spadá zvýšená odolnost proti vysokým tlakům a provozním teplotám. Povrch těchto pístků je opatřen povrchovou úpravou, a to chromováním. Úprava zvyšuje odolnost vůči korozi[6]. Další hodně rozšířený materiál bývá hliník.

Hliníkové brzdové pístky v porovnání s ocelovými vynikají svou hmotností. Opačnou vlastností je roztažnost hliníku za vyšších teplot. Proto otvory pro umístění pístků v třmenu se vyrábějí s vyšší tolerancí. Zde je kladen taktéž důraz na použitá těsnění. Aby materiál nepoškozovala koroze, tak se eloxuje[7].

Pístky vyráběné z fenolitického materiálu se z hlediska hmotnosti řadí do kategorie lehkých. Fenolitické pístky dosahují koeficientu tepelné roztažnosti vyššího než u ocelových. Vynikají také jako izolanty, protože tento materiál je špatným vodičem tepla. Odolávají vůči koroznímu napadení, tudíž se nemusí již provádět povrchová úprava[7].

Tab. 1. Hodnoty bodu varu [8].

	DOT 2 (°C)	DOT 3 (°C)	DOT 4 (°C)	DOT 5 (°C)	DOT 5.1 (°C)
<b>Suchý bod varu</b>	190	205	230	260	270
<b>Mokrý bod varu</b>	-	140	155	180	190

### 3 Výroba brzdových pístků

Tyto součásti brzdového systému lze vyrábět z různých materiálů, které jsou vypsány v předešlé kapitole. Pístky se mohou vyrábět odlišnými technologiemi výroby, do nichž spadá tažení, třískové obrábění a objemové tváření za studena. Porovnáním určitých parametrů se z ekonomického hlediska nejlépe projevuje operace protlačování. Konečný tvar pístku, neboli úprava, bude vyhotoven soustružením, ale s mnohem menším odpadem než využití technologie třískového obrábění. Z tohoto důvodu zaměříme a navrhne postup výroby s využitím protlačování – objemové tváření za studena.

#### 3.1. Objemové tváření za studena – zpětné protlačování

Technologie se využívá k přeměně materiálu pod tlakem s použitím vhodného nástroje – průtlačníku. Přeměnu materiálu lze provést hlavně u součástí, které jsou rotační a symetrické. Mezi výhody se řadí úspora materiálu, nižší časy pro výrobu, vysoká výsledná kvalita výrobku. Touto technologií získá materiál lepší vlastnosti, a to vyšší mez kluzu  $R_p$ , mez pevnosti v tahu  $R_m$ . Docílíme jich deformací, způsobenou tlakem mezi průtlačnicí a průtlačníkem. Změna tvaru materiálu se provádí za studena, ale je zapotřebí určité úpravy materiálu před započítím protlačování. Úpravou se zvýší tvárnost, opakem dojde ke snížení tvrdosti a odstranění vnitřního pnutí [10], [11].

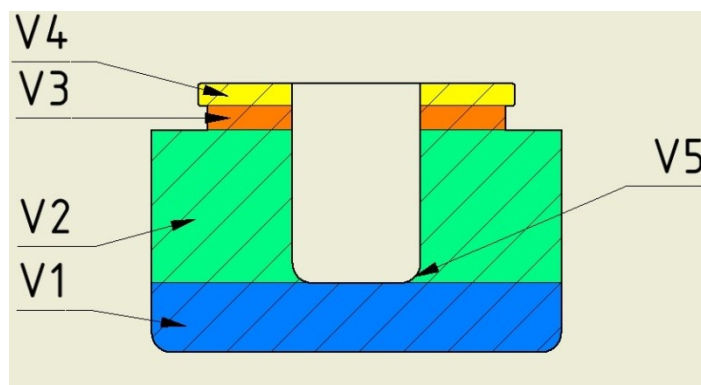
Název zpětné protlačování je odvozen od směru tečení materiálu. V některých literaturách můžeme narazit také na označení protisměrné. Jelikož materiál se pohybuje mezi průtlačnicí a průtlačníkem opačným směrem, než se pohybuje nástroj. Polotovarem, ve většině případu, bývá špalík (nebo také rondel), kde výška disponuje rozměrem větším než polovina průměru. Způsob tohoto protlačování nám umožní získat nízké a tlustostěnné výlisky [11], [12]. Proto tento druh tváření se nejčastěji používá k výrobě pístků.

#### 3.2. Postup výroby

Brzdový pístek a hlavně jeho tvar se řadí do součástí kalíškového tvaru, které jsou vhodné pro námi vybranou technologii výroby [11]. Jelikož se pro danou technologii výroby nejvíce hodí materiál nesoucí označení 12 014.3 (1.1014 dle DIN), který je obzvlášť vhodný k objemovému tváření za studena, bude použit k návrhu výroby pístku [13], [14]. Materiál si zajistíme ve stavu žíhaném na měkko. Výběrem takto zpracovaného materiálu si ušetříme čas

potřebný pro tepelné zpracování. Zajistíme si však povrchovou úpravu fosfátováním, pomocí níž na povrchu vzniknou póry, důležité k udržení maziva během protlačování. Mazivo zároveň slouží pro chlazení nástroje.

Abychom zjistili rozměry polotovaru, musíme si nejprve vypočítat objem protlačovaného pístku. Získáme jej rozkladem na základní geometrická tělesa (obr. 3.1) s následným užitím zákona konstantního objemu [32]. K ověření správnosti výpočtu bude využito softwaru Autodesk Inventor Professional 2016, kde součást vymodelujeme.



Obr. 3.1 Rozklad pístku pro výpočet objemu.

### 3.2.1. Objem pístku

$$V_c = \sum V_i \text{ [mm}^3\text{]} \quad (3.1)$$

$$V_c = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 \quad (3.2)$$

3.1a) Objem dna  $V_1$  [32]

$$V_1 = \pi \cdot r^2 \cdot h_1 = \pi \cdot 20,8^2 \cdot 7 = 9514,25 \text{ mm}^3 \quad (3.3)$$

kde:  $h_1$  - výška dna (mm)  
 $r$  - poloměr dna (mm)

3.1b) Objem pláště  $V_2$  [32]

$$V_2 = \frac{\pi \cdot h_2 \cdot (D^2 - d_1^2)}{4} = \frac{\pi \cdot 15,5 \cdot (41,6^2 - 13^2)}{4} = 19009,92 \text{ mm}^3 \quad (3.4)$$

kde: D - průměr dna pístku (mm)  
 $d_1$  - vnitřní průměr pístku (mm)  
 $h_2$  - výška pláště (mm)

3.1c) Objem přechodu  $V_3$  [32]

$$V_3 = \frac{\pi \cdot h_3 \cdot (d_2^2 - d_1^2)}{4} = \frac{\pi \cdot 2,45 \cdot (30,2^2 - 13^2)}{4} = 1429,78 \text{ mm}^3 \quad (3.5)$$

kde:  $d_2$  - průměr přechodové části (mm)  
 $h_3$  - výška přechodu (mm)

3.1d) Objem vrchní části  $V_4$  [32]

$$V_4 = \frac{\pi \cdot h_4 \cdot (d_3^2 - d_1^2)}{4} = \frac{\pi \cdot 2,25 \cdot (32,2^2 - 13^2)}{4} = 1533,60 \text{ mm}^3 \quad (3.6)$$

kde:  $d_3$  - průměr přechodové části (mm)  
 $h_4$  - výška vrchní části (mm)

3.1e) Objem vnitřního zaoblení  $V_5$  [32]

$$V_5 = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot h_5 \cdot (3r_5^2 + h_5^2) = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot 2 \cdot (3 \cdot 4,5^2 + 2^2) = 67,81 \text{ mm}^3 \quad (3.7)$$

kde:  $r_5$  - vzdálenost počátku zaoblení od osy rotace (mm)  
 $h_5$  - výška zaoblení (mm)

Z jednotlivě vypočtených objemů získané výsledky dosadíme zpětně do rovnice (3.2) pro celkový objem. Výsledná hodnota nám bude sloužit pro nadcházející výpočtové vztahy.

$$V_c = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 = 9514,25 + 19009,92 + 1429,78 + 1533,60 + 67,81$$

$$V_c = 31555,36 \text{ mm}^3$$

### 3.2.2. Rozměry polotovaru

Základním materiálem je tyč o délce 6000 mm a průměru 40 mm. Ze které budou řezány jednotlivé polotovary na délku 26 mm, tato délka byla zjištěna výpočtem (3.8) uvedeným níže. Řez bude proveden gravitační pásovou pilou na kov od výrobce Bomar – typ 275.230DG[15].

3.2a) *Výška polotovaru  $H_0$  [11]*

$$H_0 = \frac{4 \cdot V_c}{\pi \cdot D_0^2} = \frac{4 \cdot 31555,36}{\pi \cdot 40^2} = 25,11 \text{ mm} \Rightarrow 26 \text{ mm (přídavek na řezu)} \quad (3.8)$$

kde:  $D_0$  - průměr špalíku (mm)

Nyní máme potřebné hodnoty polotovaru a můžeme postoupit k zvolené technologii tváření. Zpětné protlačování bude založeno na třech operacích, první spočívá v nařezání špalíku. V druhé operaci budou špalíky vloženy do lisu s následujícím pěchováním. Tím se docílí zarovnání čel spojené s kalibrací průměru na výsledný rozměr. Změnou průměru se zamění i výška polotovaru po pěchování. Během třetí operace se materiál v průtlačnici přetvoří na výsledný tvar. K pěchování a zpětnému protlačování se užije razicího lisu Šmeral LLR 630 A/SH [16].

**3.2.3. Pěchování**3.3a) *Výška špalíku po pěchování [11]*

$$H_1 = \frac{4 \cdot V_c}{\pi \cdot D_1^2} = \frac{4 \cdot 31555,36}{\pi \cdot 41,6^2} = 23,22 \text{ mm} \quad (3.9)$$

kde:  $D_1$  - průměr po kalibraci – pístku (mm)

3.3b) *Poměrná průřezová deformace [11]*

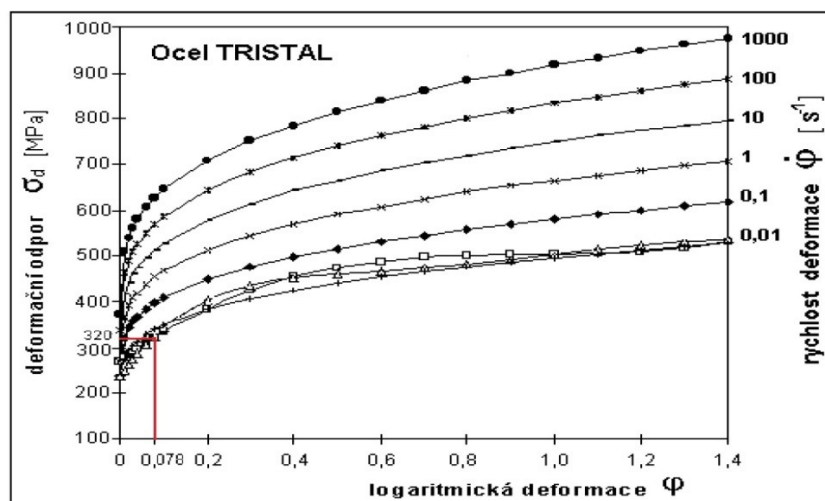
$$\varepsilon_s = \frac{D_1^2 - D_0^2}{D_1^2} \cdot 100 = \frac{41,6^2 - 40^2}{41,6^2} \cdot 100 = 7,54\% \quad (3.10)$$

3.3c) *Logaritmická průřezová deformace [11]*

$$\varphi_s = \ln \frac{D_1^2}{D_0^2} = \ln \frac{41,6^2}{40^2} = 0,078 \Rightarrow k_s = 320 \text{ MPa} \quad (3.11)$$

kde:  $k_s$  - střední přirozený přetvárný odpor materiálu (MPa)

Hodnota, která je zapotřebí k výpočtu tvářecí síly, byla odečtena z grafu udávající křivky deformačních napětí materiálu 12 014.

Graf 3.1 Křivky deformačních napětí s hodnotu  $k_s = 320$  MPa [14]

## 3.3d) Poměrná délková deformace [11]

$$\varepsilon_h = \frac{h_1 - h_0}{h_0} \cdot 100 = \frac{23,22 - 26}{26} \cdot 100 = -10,69\% \quad (3.12)$$

## 3.3e) Logaritmická délková deformace [11]

$$\varphi_h = \ln \frac{h_0}{h_1} = \ln \frac{26}{23,22} = \ln 1,1197 = 0,11 \quad (3.13)$$

## 3.3f) Tvářecí síla [11]

$$k_{ps} = k_s \cdot \left(1 + \frac{1}{3} \cdot \mu \cdot \frac{D_1}{H_0}\right) = 320 \cdot \left(1 + \frac{1}{3} \cdot 0,2 \cdot \frac{41,6}{26}\right) = 354,13 \text{ MPa} \quad (3.14)$$

$$S = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 41,6^2}{4} = 1359,18 \text{ mm}^2 \quad (3.15)$$

$$F = k_{ps} \cdot S = 354,13 \cdot 1359,18 = 481\,326,41 \text{ N} \quad (3.16)$$

kde:  $k_s$  - střední přirozený přetvárný odpor materiálu (MPa)  
 $k_{ps}$  - střední přetvárný odpor materiálu (MPa)  
 $S$  - průřez činné části nástroje (mm<sup>2</sup>)  
 $\mu$  - součinitel smykového tření (-). Rozmezí 0,1 až 0,3

### 3.2.4. Zpětné protlačování

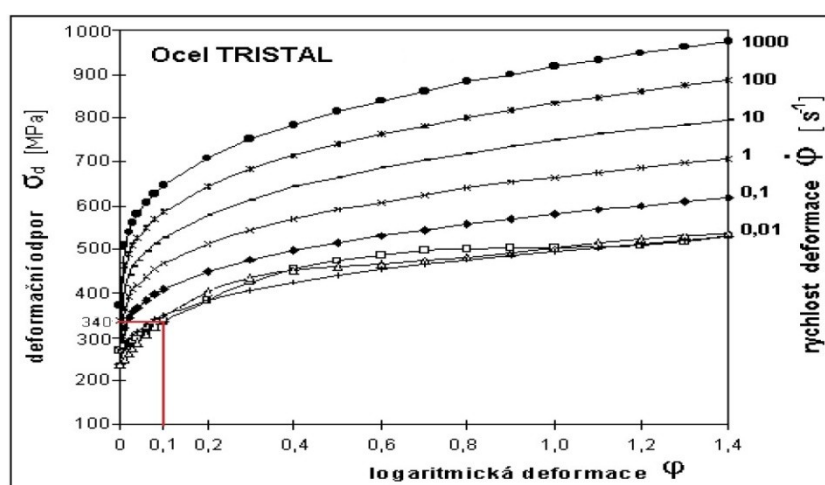
3.4a) Poměrná průřezová deformace [11]

$$\varepsilon_s = \frac{D_2^2}{D_1^2} \cdot 100 = \frac{13^2}{41,6^2} \cdot 100 = 9,77\% \quad (3.17)$$

kde:  $D_2$  - vnitřní průměr pístku (mm)

3.4b) Logaritmická průřezová deformace [11]

$$\varphi_s = \ln \frac{D_1^2}{D_1^2 - D_2^2} = \ln \frac{41,6^2}{41,6^2 - 13^2} = 0,10 \Rightarrow k_s = 340 \text{ MPa} \quad (3.18)$$



Graf 3.2 Křivky deformačních napětí s hodnotu  $k_s = 340$  MPa [14]

3.4c) Tvářecí síla [11]

$$k_{ps} = 1,152 \cdot k_s \cdot \frac{S_0}{S_1} \left( \log \frac{S_0}{S_0 - S_1} + \frac{S_0}{S_0 - S_1} \cdot \log \frac{S_0}{S_1} + \log \frac{S_1}{S_0 - S_1} \right) \quad (3.19)$$

$$= 1,152 \cdot 340 \cdot \frac{1359,18}{132,73} \cdot \left( \log \frac{1359,18}{1359,18 - 132,73} + \frac{1359,18}{1359,18 - 132,73} \cdot \log \frac{1359,18}{132,73} + \log \frac{132,73}{1359,18 - 132,73} \right)$$

$$k_{ps} = 796,53 \text{ MPa}$$

$$S_1 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} = \frac{\pi \cdot 13^2}{4} = 132,73 \text{ mm}^2 \quad (3.20)$$

$$F = k_{ps} \cdot S_1 = 796,53 \cdot 132,73 = 105723,43 \text{ N} \quad (3.21)$$



kde:  $S_1$  - průřez dutiny píستku ( $\text{mm}^2$ )

### 3.2.5. Soustružení

Objemovým tvářením vznikl přesný, ale pouze předběžný tvar píستku, konečného tvaru docílíme úpravou čelní plochy soustružením. Na této ploše zarovnáme čelo na požadovanou délku píсту. Poté bude vyhrubován a následně na čisto obroben průměr, ve kterém se vyhotoví drážka sloužící k upevnění pryžové manžety. Veškeré soustružnické operace budou vyhotoveny na obráběcím stroji Trens SN32C [17]. V nástrojovém držáku stroje se užije soustružnických noží, vybraných z katalogu výrobce Sandvik Coromant [18].

Pro stanovení odpovídajícího postupu výroby je zapotřebí vypočíst jednotlivé strojní časy a parametry při soustružení. Ty jsou uvedeny v nadcházejících vztazích k jednotlivým operacím.

#### 3.5a) Příčné soustružení

Po dobu provádění této operace bude v nástrojové hlavě upnut nůž ubírací ohnutý pravý SCLCR 2020 K12 s upevněnou destičkou ze slinutého karbidu CCMT 120408-PR GC4325. Velikosti vstupních parametrů jsou stanoveny: hloubka třísky  $a_p = 1\text{ mm}$ , otáčky stroje  $n = 250\text{ min}^{-1}$ , posuv  $f = 0,30\text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ .

$$\text{- Řezná rychlost [31]: } v_c = \frac{\pi \cdot D_0 \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 41,6 \cdot 250}{1000} = 32,67 \text{ m/min} \quad (3.22)$$

$$\text{- Strojní čas [31]: } t_1 = \frac{\frac{D_0}{2} + l_n + l_p}{f \cdot i \cdot n} = \frac{\frac{41,6}{2} + 2 + 2}{0,30 \cdot 2 \cdot 250} = 0,17 \text{ min} \quad (3.23)$$

$$\text{- Posuvová rychlost [31]: } v_f = f \cdot n = 0,30 \cdot 250 = 75 \text{ mm/min} \quad (3.24)$$

kde:  $D_0$  - průměr píستku (mm)  
 $l_n, l_p$  - délka náběhu, délka přeběhu (mm)  
 $i$  - počet odebíraných třísek (-)

#### 3.5b) Podélné soustružení – hubování

Po čas hrubování průměru píستku na hodnotu 33 mm se užije nůž ubírací stranový pravý PDJNR 2020 K111 s upevněnou destičkou ze slinutého karbidu DNMG 110408-PM GC4205.

Velikosti vstupních parametrů jsou stanoveny: hloubka třísky  $a_p=2\text{mm}$ , otáčky stroje  $n = 160\text{min}^{-1}$ , posuv  $f = 0,40\text{mm.ot}^{-1}$ .

$$\text{- Řezná rychlost [31]: } v_c = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 41,6 \cdot 160}{1000} = 20,91 \text{ m/min} \quad (3.25)$$

$$\text{- Strojní čas [31]: } t_2 = \frac{L_0}{f \cdot i \cdot n} = \frac{4,7}{0,40 \cdot 5 \cdot 160} = 0,02 \text{ min} \quad (3.26)$$

$$\text{- Posuvová rychlost [31]: } v_f = f \cdot n = 0,40 \cdot 160 = 64 \text{ mm/min} \quad (3.27)$$

kde:  $D_1$  - počáteční průměr pístku (mm)

$L_0$  - soustružená délka (mm)

### 3.5c) Podélné soustružení – na čisto

Při soustružení průměru pístku na čistý rozměr 32,2 mm se využije držáku o stejném označení, ale osadí se destičkou DNMG 110408-PF GC4205. Velikosti vstupních parametrů jsou stanoveny: hloubka třísky  $a_p=0,4\text{mm}$ , otáčky stroje  $n = 300\text{min}^{-1}$ , posuv  $f= 0,30\text{mm.ot}^{-1}$ .

$$\text{- Řezná rychlost [31]: } v_c = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 33 \cdot 300}{1000} = 31,10 \text{ m/min} \quad (3.28)$$

$$\text{- Strojní čas [31]: } t_3 = \frac{L_0}{f \cdot i \cdot n} = \frac{4,7}{0,30 \cdot 2 \cdot 300} = 0,03 \text{ min} \quad (3.29)$$

$$\text{- Posuvová rychlost [31]: } v_f = f \cdot n = 0,30 \cdot 300 = 90 \text{ mm/min} \quad (3.30)$$

kde:  $D_2$  - nahrubo opracovaný průměr pístku (mm)

### 3.5d) Zapichování

Pístek disponuje ve vzdálenosti 2,25 mm drážkou sloužící pryžové manžetě k upevnění. Drážka bude vyhotovena zapichovacím nožem pravým RF 123E 15-1616 B s destičkou N 123E2-0200-0002-CM 4325. Velikosti vstupních parametrů pro daný nástroj: řezná rychlost  $v_c = 0,4\text{mm}$ , otáčky stroje  $n = 130\text{min}^{-1}$ , posuv  $f_n = 0,06\text{mm.ot}^{-1}$ .

$$\text{- Strojní čas [31]: } t_4 = \frac{L_1}{f \cdot n} = \frac{2,45}{0,06 \cdot 130} = 0,31 \text{ min} \quad (3.31)$$

kde:  $L_1$  - šířka zápichu (mm)

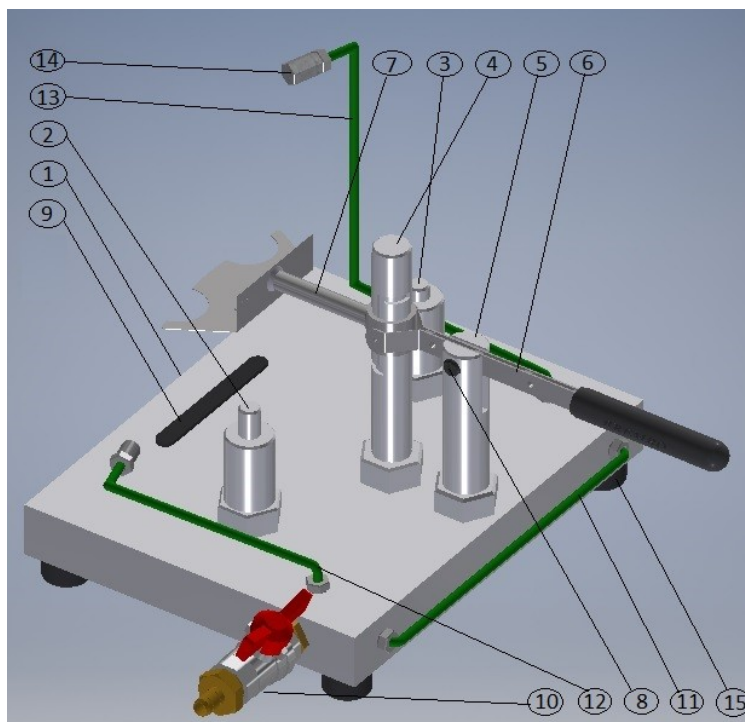
### **3.2.6. Úprava ploch a kontrola**

Po ukončení kovoobráběcích operací bude výrobek (pístek) přesunut na pracoviště zámečníka. Zde pracovník provede konečnou úpravu hran. K dispozici bude mít dílenský pilník, kterým ojehlí vnější plochy po soustružení. Následně se na pracovišti kontroly zkontrolují všechny, hlavně vnější rozměry pístku.

Takto vyhotovený brzdový pístek se může vyexpedovat k nadcházející montáži do brzdového třmenu společně s dalšími komponentami. Jestliže se vyskytne v procesu hromadné výroby nějaký problém, např. špatně vyhotovený třmen, s nutností demontáže součásti. Pak užijeme přípravku určenému pro demontáž brzdových pístků, na nějž je vypracována tato diplomová práce.

## 4 Zařízení k demontáži pístků

Navrhovaný přípravek, vyobrazen na obrázku 4.1, bude určen k plnění funkce demontáže bez nutnosti držení brzdového třmenu v rukou pracovníka. Hlavní myšlenka vedoucí ke konstrukci byla převážně z hlediska bezpečnosti při práci, jelikož mohlo dojít k úrazu. Stávající průběh demontáže sestával v uchopení třmenu, odstranění pryžových manžet z drážek v pístku a třmenu vhodným nástrojem. Poté došlo k samotnému vytlačení pístků z otvorů užitím stlačeného vzduchu, který je k dispozici ve výrobní hale. Avšak pracovník držel třmen, nejlépe z hlediska ergonomie, v místech demontovaných součástí. V průběhu úchopu hrozilo obsluze riziko vzniku poranění, a to v důsledku vysunutí pístku směrem do středu třmenu. Při neopatrnosti pístky vystřelily a pracovníkovi hrozilo skřípnutí prstů, kterými je přidržoval, to s sebou neslo oděrky svrchní kůže. V horším případě pístky mohly svou energií zlomit konečky prstů.



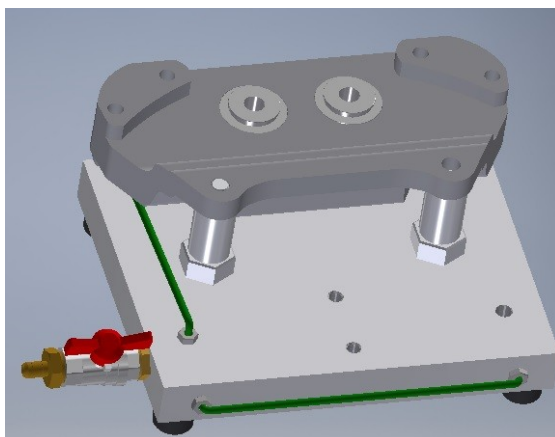
Obr. 4.1 Demontážní přípravek.

(1 – základová deska, 2,3 – upevňovací trny, 4 – tyč s vedením, 5 – tyč k uchycení rukojeti, 6 – rukojeť, 7 – vytahovací přípravek, 8 – čep, 9 – gumová podpěra, 10 – ventil s rychlospojku, 11, 12, 13 – brzdové trubky, 14 – záslepka B, 15 – gumové nohy)

Vyjmenované úrazy je nutné ošetřit a provést záznam do příslušných dokumentů. S tím také souvisí nepřítomnost pracovníka na pracovišti. S tím se oslabí daná směna a výroba součástí pro automobilový průmysl.

Z důvodu zabránění těchto nenadálých situací a zlepšení ergonomie pracoviště je navrhován přípravek k demontáži. Již v průběhu iniciace návrhu jsem se zaměřoval na hmotnost a rozměry celého seskupení, aby bylo možné s přípravkem manipulovat a přenášet pouze jednou osobou.

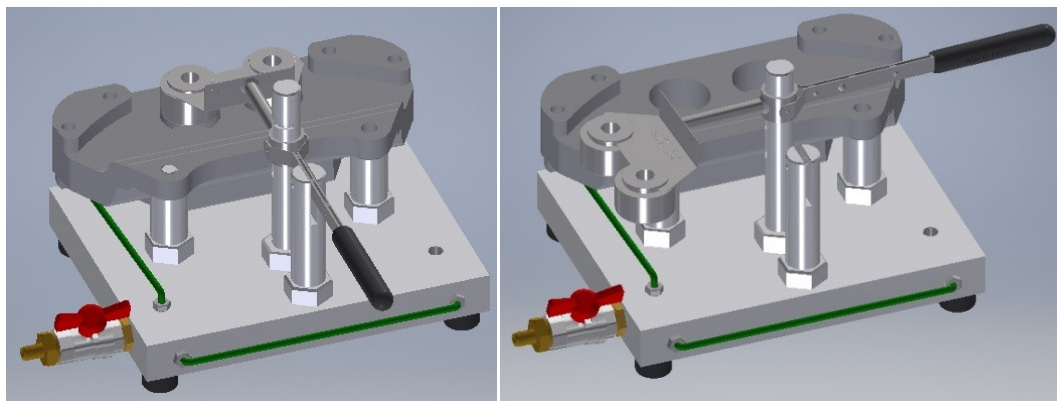
Tím také dochází k úpravě postupu při demontáži. Navržený přípravek se umístí na rovnou plochu pracovního stolu. Podmínkou je přívod stlačeného vzduchu. Na ustavený přípravek a jeho ustavující čepy usadíme brzdový třmen. Využijeme otvoru pro montáž k těhlici vozidla. Třmen se svou spodní částí opře o pryžovou podložku. Pro názornost uveden obrázek 4.2, na kterém je znázorněna polovina třmenu. Následuje odstranění pryžových manžet z pístků. Provedeme plochým šroubovákem vhodné velikosti. Sundáváme opatrně, aby nedošlo k poškození samotných manžet a také dalších členů této sestavy.



*Obr. 4.2 Přípravek s polovinou třmenu.*

Nyní na tyč s vedením (drážkou) nasuneme vytahovací element společně s rukojetí a pootočíme do prostoru demontovaných komponent. Plech zavedeme do vybrání v pístcích montovaných ve spodní části. Zafixujeme rukojeť ve stojce užitím čepu. K brzdovému třmenu z levé strany připevníme přívodní trubku. Z pravé strany se díra zaslepí záslepkou A. Na rychlospojku u ventilu připojíme hadici se stlačeným vzduchem. Při pomalém otevírání ventilu se soustava naplní tlakem a pístky se budou pohybovat směrem nahoru. Pístky zůstanou zachyceny v otvorech za spodní hranu. Zavřeme přívod vzduchu. Nyní zatlačíme na rukojeť a pístky vysuneme z otvoru úplně. Rukojeť uvolníme a vysuneme čep, tím si

umožníme otáčivý pohyb vytahovacího elementu. Levou rukou uchopíme vytahovací přípravek a posuneme směrem vzhůru, abychom mohli vysunout rukojeť z vedení. Demontované pístky společně s přípravkem vytočíme na levou stranu, z třmenu ven. Pro lepší představu je tato operace společně s předchozí uvedena na obrázku (obr. 4.3) níže. Pístky odebereme a přípravek zavedeme zpět do pracovní pozice a usadíme v horních pístcích.



Obr. 4.3 Přípravek v druhé a třetí pracovní pozici.

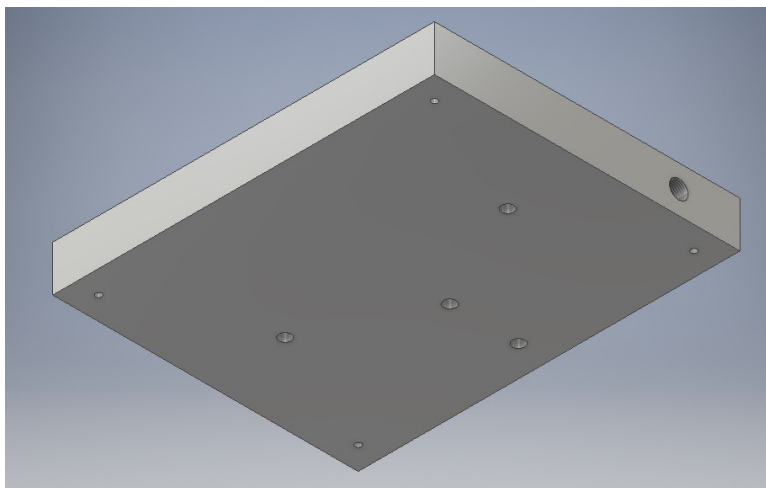
Provedeme opětovnou aretaci rukojeti. Z brzdového třmenu vymontujeme záslepku a přívodní trubku. Na holendr trubky našroubujeme záslepku B, která byla doteď na pravé přívodní trubce. Záslepkou A zamezíme úniku vzduchu v horním levém otvoru, určenému k odvzdušnění. K třmenu z opačné strany než jsme provedli zaslepení otvoru, upevníme druhou přívodní trubku. Nyní již je postup demontáže pístku shodný s popisem uvedeným výše.

K jednotlivým komponentům a jejich rozměrům, ze kterých je zařízení sestaveno se postupně dostaneme v nadcházejících podkapitolách a odstavcích diplomové práce.

#### 4.1. Základová deska

Hlavním prvkem celého navrhovaného přípravku je základová deska, na kterou se následně přimontují ostatní součásti. Deska bude vyhotovena ze slitiny hliníku AlCu4Mg (EN AW 2017) o rozměrech 250 x 200 x 30 mm. Důvodem k výběru materiálu byl požadavek nízké hmotnosti. Deska stejných rozměrů avšak z ocelového materiálu by byla několikanásobně těžší, tím se stěžuje budoucí manipulace s celým přípravkem při přemísťování. V tabulce pod textem uvádím mechanické vlastnosti materiálu, které budou následně použity v určitých výpočtech [19].

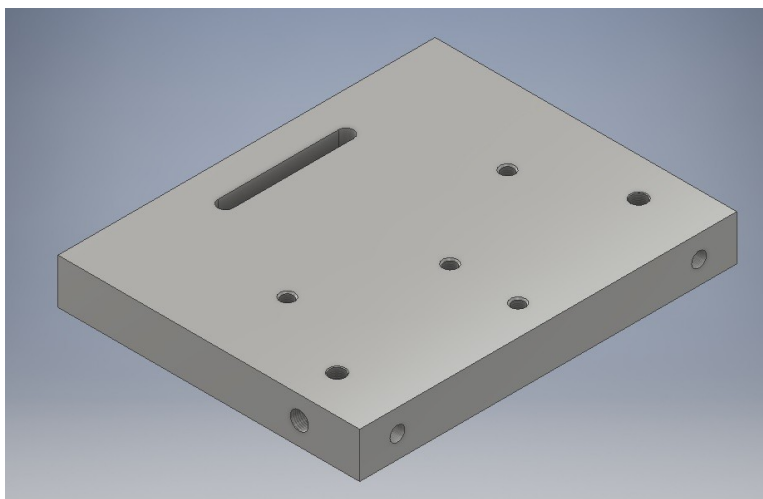
Při pohledu na spodní část desky (obr. 4.4), spatříme čtyři otvory ve vzdálenosti 15 mm od boční hrany. Vyhotovené otvory se opatří závitem M5 x 0.8 v plné hloubce díry. Během sestavování přípravku budou do otvorů našroubovány šrouby, kterými k spodní straně desky upevníme podpěrné gumové nožky 25x15 mm [20]. Podpěrné nohy nám zajistí stabilní polohu a při manipulaci zamezí skřípnutí prstu.



*Obr. 4.4 Základová deska – spodní pohled.*

Na obrázku 4.5 vidíme vrchní stranu desky, na niž se nachází několik účelových montážních otvorů a drážka. Vyfrézovaná drážka slouží k usazení podpěrné gumové podložky, nedojde tak k úplnému dosednutí části brzdového třmenu na hliníkovou desku a podřetí daného povrchu třmenu.

Montážní otvory jsou vyhotoveny pro 2 kusy upevňovacích trnů, 1 kusu tyče s vedením pro vytahovací element a 1 kusu tyče k uchycení rukojeti. Popsané čtyři otvory obsahují metrický závit M8 x 1.25. Zbývající dva otvory na vrchní straně, a taktéž na zadní straně desky (obr. 4.3), jsou osazeny závitem M 10 x 1. V těchto otvorech budou trubky určené k rozvodu stlačeného vzduchu.



Obr. 4.5 Základová deska – horní pohled.

Z levé boční strany se nachází vstupní otvor stlačeného vzduchu se závitem trubkovým G1/4. Do něj se bude instalovat mosazná závitová vsuvka a ventil.

Tab. 2. Mechanické vlastnosti materiálu [19].

Mechanické vlastnosti	
Hliník AlCu4Mg (EN AW 2017)	
Mez pevnosti Rm [MPa]	385
Mez kluzu Re [MPa]	230
Mez kluzu Rp 0,2 [MPa]	245
Tažnost A [%]	12
Tvrdost dle Brinella HBW	105

## 4.2. Upevňovací trn

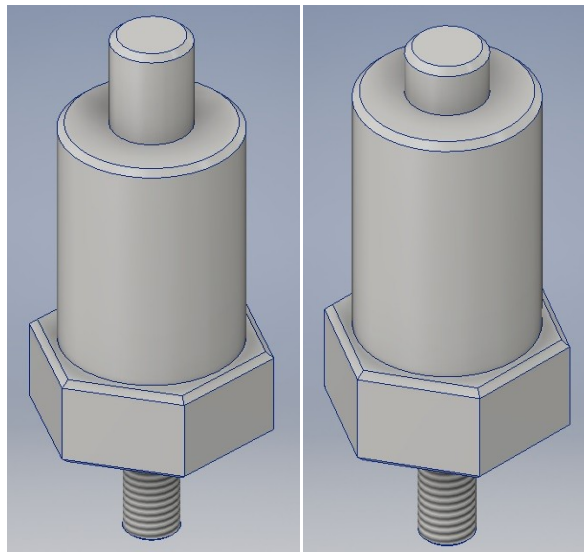
Na tuto komponentu se bude během užívání přípravku usazovat brzdový třmen. Materiál upevňovacího trnu je totožný se základovou deskou, tedy hliníková slitina AlCu4Mg, pouze se bude jednat o tyčovinu šestihranného tvaru (6HR 30) délky 95 mm. Tvar šestihranu odpovídá dané velikosti plochého klíče, jímž se provede upevnění a dotažení.

Užitím několika výpočtových vztahů se stanovila potřebná výška horních ustavujících čepů[21]. V důsledku této úpravy se ulehčí ustavování třmenu za otvory, kterými se následně třmen při montáži upevňuje k těhlici. Protože oba čepy, společně s trny, udržují brzdovou součást v námi požadované pozici, jsou výškové rozměry navýšeny. Ať nedojde během demontáže pístků ke sklouznutí z ustavujících čepů. Zároveň byl ponechán rozdíl mezi dvěma trny k snadnému ustavování. U prvního trnu se soustružením z pravé strany upraví rozměry



průměru. Nejprve se osoustruží průměr 26 mm v délce 55 mm, daný průměr poslouží jako podpora třmenu. Na téže straně se vyhotoví průměr 11,7 mm v délce 16 mm. Tím vznikne čep, na nějž nasadíme třmen. Rozměr odpovídá velikosti otvoru pro šrouby, kterými se třmen montuje k těhlici automobilu. Levá strana trnu je opatřena závitem M8 x 1.25, jímž se trn upevní k základové desce. Vyhotovené upevňovací trny jsou vyobrazeny na obrázku 4.4.

Druhý upevňovací trn se odlišuje převážně v délkových rozměrech, taktéž lze vidět na vyobrazené ilustraci (obr. 4.6). Rozdíly jsou v horní části, kdy průměr ustavujícího čepu je soustružen v délce 7,2 mm.



Obr. 4.6 Upevňovací trny.

*Výpočet výšky ustavujícího čepu [21]*

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \frac{h_{\check{c}}^2}{\left(l_{r1} + a + \frac{d_2}{2}\right)^2} + \frac{\left(\frac{d_1}{2} + a + \frac{d_2}{2}\right)^2}{\left(\frac{d_1}{2} + a + \frac{d_2}{2}\right)^2} = 1 \quad (4.1)$$

Úpravou uvedené rovnice a následným umocněním získáme vztah pro výpočet výšky druhého ustavujícího čepu [21].

$$h_{\check{c}2} = \frac{a + l_{r2} + 0.5 \cdot d_2}{a + 0.5 \cdot (d_1 + d_2)} \cdot \{(v_{\check{c}1} + v_{\check{c}2}) \cdot [a + 0.5 \cdot (d_1 + d_2)]\}^{1/2} \quad (4.2)$$

$$h_{\check{c}2} = \frac{146 + 15 + 0.5 \cdot 11,8}{146 + 0.5 \cdot (11,8 + 11,8)} \cdot \{(0,1 + 0,1) \cdot [146 + 0.5 \cdot (11,8 + 11,8)]\}^{1/2}$$

$$h_{\check{c}2} = 5,94 \text{ mm} \Rightarrow \text{Ponechán rozměr 16 mm}$$

kde:  $v_{\check{c}1}, v_{\check{c}2}$  - vůle mezi otvorem a čepem (mm)

$l_{r1}, l_{r2}$  - síla materiálu od středu otvoru ke kraji třmenu (mm)

$a$  - rozteč čepu, otvoru (mm)

Výšku prvního ustavujícího čepu vypočteme z následujícího výpočtového vztahu, který je zjednodušen [21].

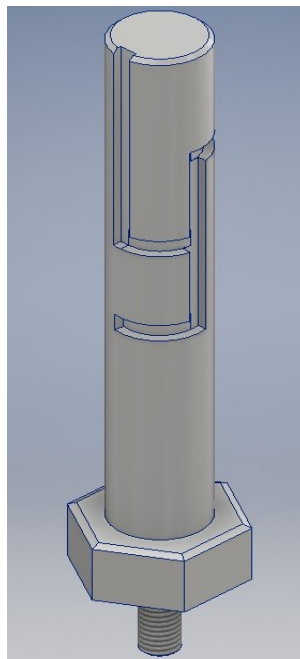
$$h_{\check{c}1} = \frac{l_{r1} + 0.5 \cdot d_1}{d_1} \cdot (2 \cdot d_1 \cdot v_{\check{c}1})^{1/2} \quad (4.3)$$

$$h_{\check{c}1} = \frac{15 + 0.5 \cdot 11.8}{11.8} \cdot (2 \cdot 11.8 \cdot 0.1)^{1/2}$$

$$h_{\check{c}1} = 2.72 \text{ mm} \Rightarrow \text{Rozměr navýšen na hodnotu } 7.2 \text{ mm}$$

### 4.3. Tyč s vedením

Tyč s vedením, nebo také pracovní stojka (obr. 4.7), je určena k vedení vytahovacího elementu. Ten se pohybuje pomocí vedení nahoru a dolů, čímž vytahuje vždy dva brzdové pístky z vrchní části nebo spodní části třmenu. Vedení umožní otočení přípravku na levou nebo pravou stranu, ve směru otáčení. Tímto pohybem zajistíme snadné odebrání demontovaných pístků. Polotovarem je tyč tvaru šestihranu rozměru 6HR 30, celkové délky 170 mm, užitý materiál je totožný jako u předchozích součástí.

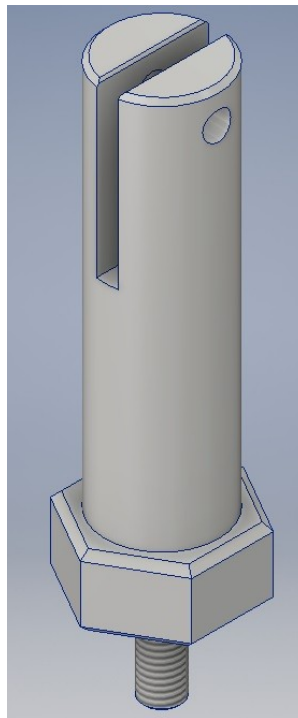


Obr. 4.7 Stojka s vedením.

Levá strana stojky se za pomoci závitu M8 x 1.25 upevní k desce přípravku. Soustružením pravé strany tyče upravíme rozměr na průměr 20 mm a délku 125 mm. Vnější část průměru bude opatřena operací frézování, drážkou 4 x 4 mm sloužící posuvnému vedení vytahovacího elementu do čtyř směrů.

#### 4.4. Tyč k uchycení rukojeti

Tyč k uchycení vznikne z polotovaru délky 128 mm obráběním již výše známého materiálu. Tyč je znázorněna obrázkem 4.8. V tyčovém materiálu upraveném na průměr 24 mm se zhotoví drážka 4,5 x 24 x 36 mm, v které se bude pohybovat zmíněná komponenta. Tloušťka stěny boční stěny je 9,75 mm. Výpočtem uvedeným níže bylo ověřeno, že stěna působící tlak vydrží. Aby bylo docíleno možného pohybu, tak kolmo na drážku, procházející středem materiálu, vyvrtáme otvor průměru 6 mm. Vzniklý otvor bude sloužit k montáži čepu a zaručení otočného pohybu.



Obr. 4.8 Stojka pro rukojeť.

*Tloušťka materiálu boční stěny*

$$p_{DOV} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 230 = 138 \text{ MPa} \quad (4.4)$$

kde:  $R_e$  - mez kluzu materiálu (MPa) (AW 2017 =>  $R_e=230$  MPa)

$$p = \frac{\frac{F_{pu}}{2}}{S_b \cdot d_{\xi}} \leq p_{DOV} \quad (4.5)$$

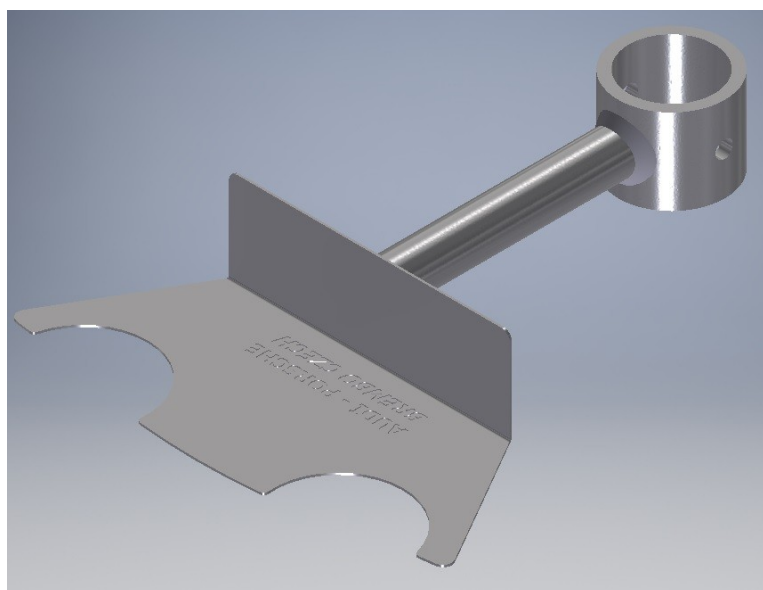
Úpravou rovnice (4.5) získáme vztah pro výpočet stěny držáku rukojeti. K výpočtu je zapotřebí hodnoty síly lidské paže. Neboli síly vyvíjené obsluhou směrem na daný nástroj, která je udávaná v normě ČSN ISO 15 230 [22].

$$S_b = \frac{\frac{F_{pu}}{2}}{p_{DOV} \cdot d_{\xi}} = \frac{\frac{190}{2}}{138 \cdot 6} = 0,11 \text{ mm} \Rightarrow \text{zvoleno } S_b = 9,75 \text{ mm} \quad (4.6)$$

- kde:
- $F_{pu}$  - síla vyvíjená obsluhou na daný nástroj (N)
  - $d_{\xi}$  - průměr čepu procházejícího tyčí (mm)
  - $p_{DOV}$  - dovořený tlak materiálu (MPa)
  - $S_b$  - tloušťka stěny (mm)

#### 4.5. Vytahovací element

Přípravek k vytažení pístků (obr. 4.9) je svařen ze třech dílů. Prvním dílem svařence je trubka  $\varnothing 25 \times 2,5$  mm obsahující dva otvory k umístění pružného kolíku a spojení s ovládací rukojetí. Z čelní strany trubky se nachází zahluubení pro spojení s dalším dílem, jímž je spojovací tyč  $\varnothing 10$  mm mezi vytahovacím plechem a zmíněnou trubkou. Plech k demontáži pístků, o tloušťce 1 mm, obsahuje vybrání dle průměru pístků, které demontujeme.



Obr. 4.9 Svařenec vytahovacího elementu.

Všechny tři dílce svařence se vyhotovují ze stejného materiálu S 235 JRG1, jehož chemické složení uvádím přehlednou tabulkou (Tab. 3), a také nám zaručí stejný přídatný materiál a parametry svařování [23],[24]. Za účelem svařování volím technologii 141, pomocí níž provedeme koutový svar přídatným materiálem Union I52 s chemickým složením uvedeným v tabulce Tab. 4 [25]. Po svařování bude celý vytahovací element povrchově upraven zinkováním, aby se zabránilo působení vzdušné koroze.

Tab. 3. Chemické složení S235JRG1 [23].

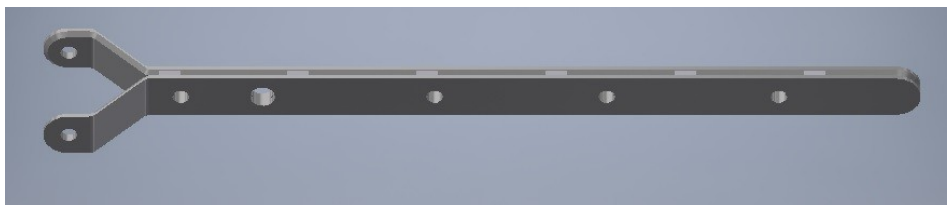
Prvek	Složení (%)
C	0,170
P	0,045
S	0,045
N	0,007

Tab. 4. Chemické složení svařovacího drátu [25].

Prvek	Složení (%)
C	0,008
Mn	1,500
Si	0,850

#### 4.6. Ovládací rukojeť

Rukojeť určená k ovládání vytahovacího přípravku je svařená ze dvou plochých tyčí tloušťky 2 mm. Upevnění rukojeti je řešeno čepem ve stojce a pružnými kolíky v trubce přípravku. Materiálem je ocel S 235 JRG1. Na přiloženém obrázku 4.10, lze vidět otvory pro odlehčení hmotnosti. Také lze pozorovat provedené svary technologií 141. Svary jsou umístěny po obou stranách rukojeti a vždy ve stejných vzdálenostech. Rameno je zhotoveno delší než výpočtem stanovená hodnota, tím pádem můžeme působit menší silou. Svařená rukojeť disponuje povrchovou úpravou zinkování. Na konci ovládací rukojeti se bude nacházet držadlo z gumového materiálu. Použito z důvodu ergonomie.



Obr. 4.10 Ovládací rukojeť.

*Délka ramene rukojeti*

$$F_{pu} = m \cdot g \Rightarrow m = \frac{F_{pu}}{g} = \frac{190}{9,81} = 19,37 \text{ kg} \quad (4.7)$$

kde:  $F_{pu}$  - síla vyvíjená obsluhou na daný nástroj (N)  
 $m$  - hmotnost paže působící na páku (kg)  
 $g$  - konstanta gravitačního zrychlení ( $\text{m.s}^{-2}$ )

Úpravou základní rovnice síly byla vypočtena hmotnost, kterou působíme na rameno páky. Tato hodnota se užije ve výpočtu k stanovení délky ramene rukojeti od čepu. Dosadíme do upravené rovnice, vycházející z rovnosti páky.

$$m_1 \cdot l_1 = m_2 \cdot l_2 \Rightarrow l_2 = \frac{m_1 \cdot l_1}{m_2} = \frac{0,63 \cdot 164,01}{19,37} = 5,33 \text{ mm} \quad (4.8)$$

kde:  $m_1$  - hmotnost vytahovacího přípravku (kg)  
 $m_2$  - hmotnost paže působící na páku (kg)  
 $l_1$  - celková délka vytahovacího přípravku (mm)

#### 4.7. Zajišťovací čep

V předešlých odstavcích je popsáno upevnění rukojeti pomocí, které pohybuje vytahovacím přípravkem. Spojení je provedeno čepem s hlavou z uhlíkové oceli C 45 (12 050). Průměr se stanovil za užití výpočtových vztahů z hodnot mechanických vlastností materiálu (Tab. 5). Výsledný rozměr zakomponovaného dílu je  $\varnothing 6 \times 28 \text{ mm}$ . Povrch vyhotoveného čepu bude povrchově upraven zinkováním. Protože se bude čep při používání celého přípravku vytahovat, tak nebude řešeno jeho zajištění. Důvodem je zajištění otočného pohybu vytahovacího elementu.

Tab. 5. Mechanické vlastnosti oceli C45 [26].

Mechanické vlastnosti	
Ocel C45 (12 050)	
Mez pevnosti $R_m$ [MPa]	540
Mez kluzu $R_e$ [MPa]	305
Mez kluzu $R_p 0,2$ [MPa]	325
Tažnost $A$ [%]	17
Tvrдость dle Brinella HBW	225

4.7a) *Dovolené napětí*

$$\sigma_{\check{c}DOV} = \frac{R_e}{k} = \frac{305}{2} = 152,50 \text{ MPa} \quad (4.9)$$

kde:  $k$  - součinitel statické bezpečnosti (-)

4.7 b) *Dovolené smykové napětí*

$$\tau_{\check{c}DOV} = 0,8 \cdot \sigma_{\check{c}DOV} = 0,8 \cdot 152,50 = 122 \text{ MPa} \quad (4.10)$$

4.7 c) *Plocha čepu*

$$S_{\check{c}} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{4} \quad (4.11)$$

kde:  $d_{\check{c}}$  - průměr čepu (mm)

4.7 d) *Kontrola čepu na smyk*

$$\tau_{\check{c}} = \frac{4 \cdot F_{pu}}{\pi \cdot d_{\check{c}}} \quad (4.12)$$

kde:  $F_{pu}$  - síla vyvíjená obsluhou na daný nástroj (N)

Úpravou rovnic 4.8 a 4.9 docílíme vztahu pro výpočet průměru čepu (4.10). Vypočtený průměr byl navýšen na hodnotu 6 mm z důvodu snížení pracnosti upínání polotovaru do stroje a následné obrábění. U čepu proběhla zpětná kontrola na ohyb a střih neboli smyk dosazením do rovnic.

4.7 e) *Průměr čepu*

$$d_{\check{c}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{pu}}{\pi \cdot \tau_{\check{c}DOV}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 190}{\pi \cdot 122}} = 1,41 \text{ mm} \Rightarrow \text{zvoleno } d_{\check{c}} = 6 \text{ mm} \quad (4.13)$$

4.7 f) *Ohybový moment*

$$q = \frac{l_{sb} - l_{sr}}{2} = \frac{14,25 - 4,50}{2} = 4,88 \text{ mm} \quad (4.14)$$

$$M_{o\check{c}} = \frac{F_{pu}}{2} \cdot q = \frac{190}{2} \cdot 4,88 = 436,60 \text{ Nmm} \quad (4.15)$$

kde:  $l_{sr}$  - vzdálenost sil působících na rukojeť (mm)  
 $l_{sb}$  - vzdálenost sil působících na boční plochy stojky (mm)

4.7 g) *Průřezový modul čepu*

$$W_{o\check{c}} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32} = \frac{\pi \cdot 6^3}{32} = 21,21 \text{ mm}^3 \quad (4.16)$$

4.7 h) *Kontrola na ohyb – ohybové napětí*

$$\sigma_{o\check{c}} = \frac{M_{o\check{c}}}{W_{o\check{c}}} = \frac{436,60}{21,21} = 21,86 \text{ MPa} \leq 152,50 \text{ MPa} \quad (4.17)$$

Dosazením hodnot do výše uvedené rovnice (4.12) získáme napětí ve smyku, které následně porovnáme s hodnotou doporučeného dovoleného napětí.

4.7 i) *Kontrola čepu na smyk*

$$\tau_{\check{c}} = \frac{4 \cdot F_{pu}}{\pi \cdot d_{\check{c}}} = \frac{4 \cdot 190}{\pi \cdot 6} = 40,32 \text{ MPa} \leq 122 \text{ MPa}$$

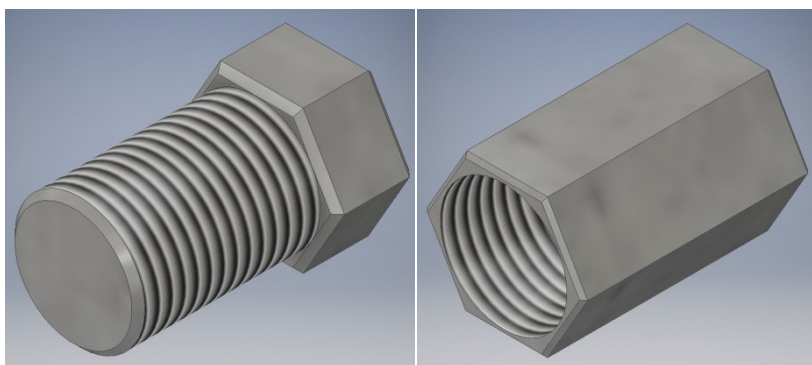
## 4.8. Rozvod stlačeného vzduchu

Součásti určené pro vstup a rozvod stlačeného vzduchu se z větší části zakoupí již hotové. Výroba těchto prvků obnáší vysoké náklady, které by se promítly i do celkové ceny přípravku. K přívodu vzduchu a spojení s rozváděným vzduchem ve výrobní hale se užije čepu rychlospojky, na nějž se upevní přírodní tlaková hadice [27]. Rychlospojka disponuje závitem G1/2, k montáži do tělesa kulového ventilu. Ventil nám bude splňovat funkci uzavěru a regulaci vstupovaného tlaku vzduchu [28]. Tím nám nebude procházet tlak 0,65MPa a pístky se budou pomalým pohybem vysouvat z otvoru. V základové desce je vyhotoven závit G1/4 určený pro montáž ventilu. Z tohoto důvodu mezi ventil a základovou desku umístíme vsuvku redukující závit a to z G1/2 na G1/4 [29].



O rozvedení vzduchu základovou deskou k třmenu se postarají ocelové dvouplášťové brzdové trubky průměru 4,75 mm. Trubky budou zakoupeny v metráži potřebné pro přípravek společně s holendry k montáži [30].

Během demontáže pístků bude vždy jeden vývod na trubce zaslepen k tomu určenou záslepkou B. Nepotřebné otvory v třmenu, kterými může unikat vzduch, se taktéž zaslepí, a to záslepkou A. Oba druhy zaslepovacích členů jsou znázorněny obrázkem 4.11.



*Obr. 4.11 Zaslepovací členy A a B*

Veškeré závitové spoje, ať už na ventilu nebo spoj trubka-základová deska, se utěsní přípravkem k tomu určeným a běžně používaným v průmyslové praxi. Nejvíce využívaná jsou teflonová vláknová těsnění a také tekutá těsnění na závity. Nejvíce rozšířenou společností zaměřující se mimo jiné na utěsňování spojů je Henkel - Loctite.

## **5 Technicko-ekonomické zhodnocení**

### **5.1 Technické zhodnocení**

Oblast technického zhodnocení se zaměřuje na časovou úsporu vzniklou zavedením demontážního přípravku do procesu výroby. Při srovnání s předchozím způsobem demontáže pístku z třmenu se jedná o vysokou časovou úsporu, během které může operátor na lince provádět ostatní potřebné operace, aniž by byl ve stresu, že z časových důvodů nestíhá. Každá výroba sebou nese určitý počet nesprávně sestavených dílů. Výjimkou není výroba brzdových třmenů. Kde se za rok vyprodukuje přibližně 3650 ks těchto dílů s nutností opravy probíhající v průběhu výroby. Doposud se součásti odkládají a operátor u výrobní linky provádí demontáž. Tato operace trvá přibližně 5 min, záleží na zručnosti. Však s 50% úspěšností návratu pístku zpět do procesu výroby. Zařazením navrhovaného přípravku bude doba demontáže snížena, protože pístky vždy demontujeme v páru a třmen nemusí operátor držet ruce. Dobu tak snížíme na více jak polovinu, tedy přesně řečeno 2 minuty. Dalším přínosem je eliminace pracovních úrazů v průběhu demontáže, protože pracovník nedává ruce do prostoru umístěných pístků.

S technickým zhodnocením je spojeno zhodnocení ekonomické, které obsahuje cenu za zhotovení přípravku.

### **5.2 Ekonomické zhodnocení přípravku**

V ceně se projeví náklady na samotnou konstrukci přípravku, náklady spojené s montáží a obráběním dílů a náklady na materiál. Pro navrhovaný přípravek je proveden rozpis materiálu společně s nakupovanými komponenty v tabulce (Tab. 6), která obsahuje i celkovou cenu.

Důležitým ukazatelem, zda je přípravek ekonomicky výhodný, se jeví úspora nákladu. Pokud na výše zmíněnou časovou úsporu pohlížíme po finanční stránce, pak docílíme za jeden rok užívání přípravku úspory až 25 tisíc korun českých. Hodnotu si ověříme v následujících rovnicích 5.1 až 5.3.

5.2a) *Náklady na demontáž bez přípravku [21]*

$$N_1 = N_{m1} + N_{t1} = (n \cdot t_{k1} \cdot m_1) + (p_1 \cdot N_{m1})$$

$$N_1 = (3650 \cdot 5 \cdot 2,25) + (11,1 \cdot 135)$$

$$N_1 = 42\,561 \text{ Kč} \quad (5.1)$$

kde:

n	- počet kusů nesprávně sestavených dílů (ks/rok)
$t_{k1}$	- čas potřebný k demontáži (min)
$m_1$	- mzda operátora (Kč/min), (hodinová sazba 135,-Kč/hod)
$p_1$	- procentuální podíl za mzdy (%)
$N_{m1}$	- základní mzda (Kč/hod)

5.2b) *Náklady na demontáž s přípravkem [21]*

$$N_2 = N_{m2} + N_{t2} = (n \cdot t_{k2} \cdot m_2 + z_d \cdot t_v \cdot m_2) + (p_2 \cdot N_{m2})$$

$$N_2 = (3650 \cdot 2 \cdot 2,25 + 10 \cdot 30 \cdot 2,25) + (3,3 \cdot 135)$$

$$N_2 = 17\,545,5 \text{ Kč} \quad (5.2)$$

kde:

n	- počet kusů nesprávně sestavených dílů (ks/rok)
$t_{k2}$	- čas potřebný k demontáži (min)
$m_2$	- mzda operátora (Kč/min), (hodinová sazba 135,-Kč/hod)
$z_d$	- počet nesprávně složených dílů (ks/den)
$t_v$	- čas pro montáž a demontáž přípravku (min)
$p_2$	- procentuální podíl za mzdy (%)
$N_{m2}$	- základní mzda (Kč/hod)

5.2c) *Celková úspora nákladu [21]*

$$U = N_1 - N_2 = 42\,561 - 17\,545,5 = 25\,015,5 \text{ Kč} \quad (5.3)$$

Vypočtená hodnota udává 58% podíl na ušetřených nákladech za rok užívání navrženého přípravku pro demontáž brzdových pístků.

Tab. 6. Rozpis materiálu s cenou.

Rozpis materiálu - Demontážní přípravek				
Materiál / Součást	Měrná jednotka	Množství (ks)	Cena za jednotku	Cena (Kč)
Hliníková deska (205x255x30)	ks	1	614,20	614,20
Tyč 6HR - 30 - AlCu4Mg	m	1	30,00	30,00
Tyč pro rukojeť PLO 12x2h11	m	1	12,53	12,53
Tyč spojovací prům. 10	m	1	11,82	11,82
Tyč 6HR - Záslepka	kg	1	30,00	30,00
Plech vytahovací P1/105x70 (rozměr 130x1000 mm)	kg	1	26,40	26,40
Trubka brzdová prům. 4,75	m	1	100,43	100,43
Trubka TR 25x2	m	1	25,97	25,97
Holendr pro brzdovou trubku	ks	6	12,10	72,60
Vsuvka závitová G1/4 - G1/2	ks	1	91,00	91,00
Ventil kulový KH-NI-16	ks	1	232,32	232,32
Rychlospojka čep G1/2	ks	1	72,60	72,60
Gumová noha	ks	4	40,00	160,00
Šroub imbus M5x16	ks	4	1,00	4,00
<b>Cena za materiál celkem (Kč)</b>				<b>1483,87</b>

Celková nebo také výrobní cena přípravku je stanovena z dílčích nákladů, které jsou uvedeny následujícími výpočtovými vztahy.

5.2d) *Náklady na vypracování konstrukce, kreslení a kontrolu [21]*

$$N_{VKV} = T_{KV} \cdot p_K \cdot (1 + k_K) = 13 \cdot 200 \cdot (1 + 1) = 5\,200, -Kč$$

$$N_{VVK} = T_{VK} \cdot p_{VK} \cdot (1 + k_{VK}) = 5 \cdot 200 \cdot (1 + 1) = 2\,000, -Kč$$

$$N_{VKK} = T_{KK} \cdot p_{KK} \cdot (1 + k_{KK}) = 5 \cdot 200 \cdot (1 + 1) = 2\,000, -Kč \quad (5.4)$$

kde:  $T_{KV}, T_{VK}, T_{KK}$  - potřebný čas k vyhotovení (hod)

$p_K, p_{VK}, p_{KK}$  - průměrná mzda (Kč/hod)

$k_K, k_{VK}, k_{KK}$  - náklady konstrukčního oddělení (%)

Jednotlivé částky dosadíme do rovnice 5.5 vyjadřující náklady na vyhotovení konstrukce.

5.2e) *Náklady na vypracování konstrukce, kreslení a kontrolu [21]*

$$N_{VK} = N_{VKV} + N_{VVK} + N_{VKK} = 5\,200 + 2\,000 + 2\,000 = 9\,200, -Kč \quad (5.5)$$

5.2f) *Náklady na stavbu přípravku [21]*

$$N_{VS} = T_{VS} \cdot m_V \cdot (1 + k_s) = (T_{VD} + T_{VM} + T_{VP}) \cdot m_V \cdot (1 + k_s)$$

$$N_{VS} = (170 + 30 + 10) \cdot 6,05 \cdot (1 + 3)$$

$$N_{VS} = 5\,082 \text{ Kč} \quad (5.6)$$

kde:  $T_{VS}, T_{VM}, T_{KP}$  - potřebný čas k výrobě, montáži a zkoušení (min)  
 $m_V$  - průměrná mzda soustružníka, frézaře (Kč/hod)  
 $k_s$  - procentuální podíl nákladu na stavbu (%)

5.2g) *Materiálové pořizovací náklady [21]*

$$N_{VM} = (N_{ZM} + N_{PM}) \cdot 1,15 = (1483,87 + 300) \cdot 1,15 = 2\,051,50 \text{ Kč} \quad (5.7)$$

kde:  $N_{ZM}$  - náklady na materiál (Kč)  
 $N_{PM}$  - náklady na polotovary (Kč)

Součtem vypočtených hodnot získáme celkovou výrobní cenu demontážního přípravku. Během celé doby užívání se do ceny promítnou náklady na údržbu a seřizování, které činí 15% podíl z celkové ceny.

5.2h) *Výrobní cena přípravku [21]*

$$N_V = N_{VK} + N_{VS} + N_{VM} = 9200 + 5082 + 2051,5 = 16\,333,50 \text{ Kč} \quad (5.8)$$

5.2i) *Náklady na údržbu [21]*

$$N_{\dot{u}} = q \cdot N_V = 0,15 \cdot 16333,5 = 2\,450, -\text{Kč} \quad (5.9)$$

kde:  $q$  - náklady na údržbu a opravy vůči ceně zařízení (%)

Z výrobní ceny zjistíme další důležitý ukazatel pro ekonomické zhodnocení. Tím je doba návratnosti námi provedené investice v rámci přípravku. Při samotné realizaci bylo uvažováno s dobou provozu (užívání) jednoho roku.

5.2j) *Minimální doba provozu pro dosažení hospodárnosti [21]*

$$T = \frac{N_V}{U \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right) \cdot n - S - \frac{k}{100} \cdot N_V}$$

$$T = \frac{16333,}{70,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{100}\right) \cdot 3650 - 2450 - \frac{1,15}{100} \cdot 16333,5}$$

$$T = 0,06 \text{ let} \quad (5.10)$$

- kde:
- n - počet kusů nesprávně sestavených dílů (ks/rok)
  - U - úspora časová na mzdě a úspora pístků (Kč)
  - S - náklady na seřízení (Kč)
  - R - režie příslušného výrobního zařízení (%)
  - $N_V$  - výrobní náklady (Kč)

Zjištěná hodnota je menší než jeden kalendářní rok. Z toho vyplývá, že zavedení přípravku do procesu výroby je z finančního hlediska rentabilní. A bude plnit požadovanou funkci s přidanou hodnotou. Za přidanou hodnotu můžeme brát velkou časovou úsporu popsanou v technologickém zhodnocení, během které může pracovník provádět další potřebné úkony.

## Závěr

Cílem diplomové práce bylo navržení přípravku určeného k demontáži brzdových pístků bez jejich poškození s ohledem na bezpečnost při práci obsluhy provádějící demontáž. Abychom se dostali k řešenému problému, tak v teoretické části práce jsem se zaměřil na brzdový systém. Zde se provedl rozbor a popis jednotlivých druhů brzd užívaných v dopravních prostředcích různých váhových kategorií.

Více pozornosti bylo věnováno kotoučové brzdě a jejím komponentům, mezi které patří brzdové pístky. V práci je popsán materiál, z jakého je pístky možné vyrábět. Zároveň jsem provedl technologicky postup výroby zmíněných komponent užitím tvářecí operace, zpětné protlačování. Tvářecí operace vyniká převážně ve spotřebě materiálu, kdy se jedná o nízké kruhové polotovary, které se přetvoří působením průtlačníku do požadovaného tvaru s vysokou přesností a minimem dokončovacích operací. Brzdové pístky se nacházejí v brzdovém třmenu, z kterého je potřeba jejich demontáže při nesprávném sestavení. Touto problematikou se zabývá již praktická část práce.

Část se zaměřuje na konstrukční návrh přípravku k demontáži. Jsou zde popsány důvody vedoucí k návrhu, a to hlavně bezpečnost operátora společně s požadavkem na snížení času demontáže. Uvádím taktéž dosavadní průběh demontáže bez užití přípravku a vzniku možných pracovních úrazů. Navrhovaný přípravek pro předem určený typ brzdového třmenu je podrobně rozepsán v několika podkapitolách. Každá podkapitola obsahuje popis jedné komponenty s materiálem, postupem výroby a vyobrazením. Jako základní materiál k výrobě přípravku byla vybrána slitina hliníku s označením AlCu4Mg. Tím se podstatně snížila hmotnost a přípravek lze přemísťovat dle potřeby na různá místa.

Praktická část diplomové práce obsahuje technické a ekonomické zhodnocení navrhnutého demontážního přípravku. V technologické části se hodnotí vzniklá časová úspora dosahující 3 minut. Je brán zřetel také na nepoškozené brzdové pístky, které lze v 99 % procentech použít k opětovné montáži ve výrobě. Ekonomické zhodnocení se zabývá finanční úsporou a minimální dobou provozu. Úspora užitím přípravku dosahuje nemalé částky a návratnost investice za přípravek je v rámci poloviny kalendářního roku. Součástí diplomové práce je výkresová dokumentace přípravku, která je přikládána jako příloha.

## Seznam použité literatury

- [1] GEBAUER, M. *Studie nového způsobu chlazení brzd závodního automobilu: Study of new way of cooling a brakes for racing car*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2016. ISBN 978-80-248-3920-2.
- [2] VLK, F. *Podvozky motorových vozidel: pneumatiky a kola: zavěšení kol, nápravy, odpružení, řídicí ústrojí, brzdové soustavy*. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5274-4.
- [3] JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B. a VÉMOLA, A. *Automobily*. Brno: CERM, 2003. ISBN 80-7204-262-9.
- [4] BRIDGESTONETIRE. *Ceramic vs. Metallic Brake Pads* [online]. [cit. 2017-02-18]. Dostupné z: <http://www.bridgestonetire.com/tread-and-trend/drivers-ed/ceramic-vs-metallic-brake-pads>
- [5] BOSCH. *Brake Pads* [online]. United Kingdom [cit. 2017-02-18]. Dostupné z: <https://www.boschcarservice.co.uk/repairs/brake-pads.php>
- [6] ATL Industries. *Pistons* [online]. [cit. 2017-02-27]. Dostupné z: <http://www.atlindustries.com/products/pistons.html>
- [7] LIMBERG, J. *Introduction to Foundation Brake Design* [online]. E and J Enterprises, L.L.C., Bosch, St. Mary's College, Notre Dame, Indiana. 2016. [cit. 2017-02-27]. Dostupné z: <http://www.sae.org/events/bce/tutorial-limberg.pdf>
- [8] BROŽ, P. Fuchs Oil Corporation (CZ), spol. s r.o. *Brzdová kapalina* [online]. [cit. 2017-02-27]. Dostupné z: <https://www.fuchs-oil.cz/index.php/automotive/brzdova-kapalina.html>
- [9] COOMBS, M. a R. M. JEX. *Údržba a opravy automobilů Škoda Felicia 1.3, 1.3MPi, 1.6MPi a 1.9 diesel od 1995*. České Budějovice: Kopp, 1999. Jak na to? (Kopp). ISBN 80-723-2093-9.
- [10] BABOR, K., CVILINEK, A., FIALA, J. *Objemové tváření ocelí*. V. Hašek; 1. vyd. Praha : SNTL, 1967. 332 s. Strojírenská literatura; sv. 6006. 04-239-67.
- [11] ČADA, R. *Technologie I: objemové a plošné tváření zastudena : (návody do cvičení)*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-2126-9.



- [12] BABOR, K. *Objemové tváření za studena na víceoperačních postupových tvářecích automatech*. Bratislava: Dom techniky pri SR Čs.VTS v Bratislave, 1964.
- [13] Ocel Tristal [online]. [cit. 2017-03-11]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/databaze\\_modelu\\_soubory/ocel\\_tristal.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/databaze_modelu_soubory/ocel_tristal.pdf)
- [14] ČSN 41 2014: *Ocel 12 014*. Praha: Český normalizační institut, 1993, 8 s.
- [15] BOMAR, spol. s r.o. *Pasové pily*. [online]. [cit. 2017-03-11]. Dostupné z: <http://www.bomar.cz/>
- [16] Šmeral Brno a.s. *Kolenové razicí lisy*. [online]. [cit. 2017-03-11]. Dostupné z: [http://www.smeral.cz/kolenove\\_razici\\_lisy.html](http://www.smeral.cz/kolenove_razici_lisy.html)
- [17] TRENS SK, a. s. *Univerzálné hrotové sústruhy*. [online]. [cit. 2017-03-11]. Dostupné z: <http://www.trens.sk/sk/produkty/univerzalne-hrotove-sustruhy/sn-32/technicke-parametre>
- [18] SANDVIK CZ s.r.o. *Obráběcí nástroje Sandvik Coromant: Soustružnické nástroje* [online]. 2015, s. 1253 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z: [http://sandvik.ecbook.se/se/cs/turning\\_tools\\_2015/](http://sandvik.ecbook.se/se/cs/turning_tools_2015/)
- [19] ČSN EN 573-3: *Hliník a slitiny hliníku - Chemické složení a druhy tvářených výrobků - Část 3: Chemické složení a druhy výrobků*. Praha: Český normalizační institut, 2014, 40 s.
- [20] Penn Elcom Direct GmbH. *Rubber foot with steel washer*. [online]. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <https://www.flightcase-parts.com/flightcase-parts/rubber-feet/rubber-foot-with-steel-washer--25x15mm/101/2065>
- [21] MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje II. díl Přípravky*. 1. vydání, Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1988, 184s.
- [22] ČSN ISO 15 230: *Vibrace a rázy - Vazební síly na rozhraní člověk-stroj při vibracích přenášených na ruce*. Praha: Český normalizační institut, 2009, 28 s.
- [23] ČSN 41 1373: *Ocel 11 373*. Praha: Český normalizační institut, 1994, 24 s.
- [24] ČSN EN 10 027-1: *Systémy označování ocelí - Část 1: Stavba značek ocelí*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 28 s.

- [25] Böhler Uddeholm CZ s.r.o. *Přídavné materiály*. [online]. [cit. 2017-03-24]. Dostupné z: [http://www.bohler-uddeholm.cz/media/nejpouzivanejsi\\_materialy\\_2015\\_2.pdf](http://www.bohler-uddeholm.cz/media/nejpouzivanejsi_materialy_2015_2.pdf)
- [26] ČSN 41 2050: *Ocel 12 050*. Praha: Český normalizační institut, 1978, 16 s.
- [27] Schneider Bohemia, spol. s r. o. *Vsuvka s vnitřním závitem STNP-NW5,5-ISO-G1/2i*. [online]. [cit. 2017-03-05]. Dostupné z: <https://www.schneider-airsystems.cz/Products/Pages/Product-Detail.aspx?pid=E700215&name=Vsuvka-s-vn-j-m-z-vitem-STNP-MS-NW7-2-G1-2a>
- [28] Schneider Bohemia, spol. s r. o. *Kulový kohout KH-NI-16 G1/2a x G1/2i*. [online]. [cit. 2017-03-05]. Dostupné z: <https://www.schneider-airsystems.cz/Products/Accessories/Pages/Detail.aspx?pid=E050110&name=Kulov-kohout-KH-NI-16-G1-2a-x-G1-2i>
- [29] Schneider Bohemia, spol. s r. o. *Dvojitá vsuvka DN-MS-G1/4a x G1/2a*. [online]. [cit. 2017-03-05]. Dostupné z: [http://www.landsmann.cz/schneider-e030124-vsuvka-zavitova-1-4-a-1-2-a-nipl-dn-ms-gl-4-gl-2-mosazna-vnitri-konus\\_d14279.htm](http://www.landsmann.cz/schneider-e030124-vsuvka-zavitova-1-4-a-1-2-a-nipl-dn-ms-gl-4-gl-2-mosazna-vnitri-konus_d14279.htm)
- [30] Garance. *Ocelová brzdová trubka - vnější průměr 4.75mm*. [online]. [cit. 2017-03-05]. Dostupné z: <https://www.garance-slavicin.cz/hadice/eshop/14-1-Brzdove-trubky-metraz/0/5/476-Brzdova-trubka-ocelova-4-75mm-1m#>
- [31] BRYCHTA, J., ČEP, R., NOVÁKOVÁ, J., PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II. 2. díl*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [32] MIKULČÁK, J. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy*. 4. vyd. Praha: Prometheus, 2007. ISBN 978-80-7196-345-5.

## Seznam příloh

- Příloha č. 1: Gravitační pásová pila Bomar 275.230DG [15]
- Příloha č. 2: Kolenový razicí lis Šmeral LLR630 A/SH [16]
- Příloha č. 3: Univerzální hrotový soustruh Trens SN32C [17]
- Příloha č. 4: Technologický postup výroby pístku
- Příloha č. 5: Výkres sestavy demontážního přípravku, č. výkresu DP-SRO0018-17-A
- Příloha č. 6: Výkres sestavy vytahovacího přípravku, č. výkresu DP-SRO0018-17-B
- Příloha č. 7: Výkres sestavy rukojeti, č. výkresu DP-SRO0018-17-C
- Příloha č. 8: Výrobní výkres základové desky, č. výkresu DP-SRO0018-17-01
- Příloha č. 9: Výrobní výkres trnu, č. výkresu DP-SRO0018-17-02
- Příloha č. 10: Výrobní výkres trnu-2, č. výkresu DP-SRO0018-17-03
- Příloha č. 11: Výrobní výkres tyče s vedením, č. výkresu DP-SRO0018-17-04
- Příloha č. 12: Výrobní výkres tyče k uchycení rukojeti, č. výkresu DP-SRO0018-17-05
- Příloha č. 13: Výrobní výkres tyče pro rukojeť, č. výkresu DP-SRO0018-17-06
- Příloha č. 14: Výrobní výkres vytahovacího plechu, č. výkresu DP-SRO0018-17-07
- Příloha č. 15: Výrobní výkres spojovací tyče, č. výkresu DP-SRO0018-17-08
- Příloha č. 16: Výrobní výkres vodící trubky, č. výkresu DP-SRO0018-17-09
- Příloha č. 17: Výrobní výkres brzdové trubky - levé, č. výkresu DP-SRO0018-17-10
- Příloha č. 18: Výrobní výkres brzdové trubky - zadní, č. výkresu DP-SRO0018-17-11
- Příloha č. 19: Výrobní výkres brzdové trubky - pravá, č. výkresu DP-SRO0018-17-12
- Příloha č. 20: Výrobní výkres záslepky A, č. výkresu DP-SRO0018-17-13
- Příloha č. 21: Výrobní výkres záslepky B, č. výkresu DP-SRO0018-17-14